مبادئ علم الأنسجة

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

الأستاذ الدكتور
حميد أحمد الحاج
قسم العلوم الحياتية - الجامعة الأردنية



بۆدابەزاندنی جۆرەها کتێب:سەردانی: (مُنتَدى إقرَأ الثَقافِي)

لتحميل انواع الكتب راجع: (مُنتَدى إقرَأ الثَقافِي)

براي دانلود كتابهاى مختلف مراجعه: (منتدى اقرأ الثقافي)

www. iqra.ahlamontada.com



www.iqra.ahlamontada.com

للكتب (كوردى ,عربي ,فارسي)





مبادئ علم الأنسجة

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

رقـــــــم التصـــــنيف : 571.5

المؤلف ومن هو في حكمه : حميد أحمد الحاج

عنـــــــوان الكـــــتاب : مبادئ علم الأنسجة

رقـــــــم الإيـــــداع : 2012/7/2881

الــــواصـــــفــــات : علم الأنسجة/ الأنسجة

بـــيانـــــات الـــنشـــر : عمان - دار المسيرة للنشر والتوزيع

تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

الطبعــة الأولــى 2013م - 1434هـ



عنوان الدار

الرئيسي : عمان - العبدلي - مقابل البنك العربي هاتف : 5627049 6 962+ فاكس : 5627059 6 962+

الفرع : عمان - ساحة المسجد الحسيني - سوق البتراء هاتف : 4640950 6 962+ فاكس : 4617640 6 962+

صندوق بريد 7218 عمان - 11118 الأردن

E-mail: Info@massira.jo . Website: www.massira.jo

مبادئ علم الأنسجة

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

الأستاذ الدكتور
حميد أحمد الحاج
قسم العلوم الحياتية - الجامعة الأردنية



الفهرس

المقدمة

علم الأنسجة، أو علم التشريح المجهري، هو أحد فروع علم التشريح العام، الذي يعالج التركيب المجهري لأنسجة و أجهزة جسم الإنسان، و هو علم يشكل أحد الأعمدة التي ترتكز عليها عدة علوم حياتية ، مثل الأجنة و التشريح العام و الفسيولوجيا، إضافة إلى العلوم الطبية و الصيدلانية.

و من أبرز مزايا هذا العلم هي تمكين الدارسين من الربط بين تركيب و وظيفة خلايا و أنسجة جسم الإنسان. و على الرغم من أهمية هذا العلم، فإن المكتبة العربية تكاد تخلو، كما و نوعا، من مراجع مناسبة باللغة العربية في هذا المجال. وعليه، فإنني أقدم الطبعة الثانية من كتاب علم الأنسجة باللغة العربية كمساهمة متواضعة في تعريب العلوم الحياتية و الطبية على المستوى الجامعي.

و في هذه الطبعة من الكتاب المذكور، عملت جاهدا على تحسين الأشكال التي ظهر معظمها بالألوان، و التي أعتبرها العمود الفقاري في استيعاب علم الأنسجة، إضافة إلى أبراز المصطلحات العلمية لهذا العلم بالفنط العريض. و من حيث تسلسل مواضيع الكتاب الذي يتألف من سبعة عشر فصلا، فقد كرست الفصول السبعة الأولى لتغطية الأنسجة الطلائية و الأنسجة الضامة بأنواعها الأصيلة و الخاصة، إضافة إلى الأنسجة العضلية و العصبية. و غطيت أجهزة الجسم المختلفة من حيث تركيبها النسيجي، في الفصول العشرة الأخيرة.

لقد عملت جاهدا على الاستفادة من مراجع عالمية في علم الأنسجة، و حاولت جمع إيجابيات أبرزها و إظهارها بالطريقة السلسة دون الخوض في تفاصيل الموضوعات المختلفة، و رابطا كل ذلك بخبرتي في تدريس هذا العلم باللغتين الإنجليزية و العربية لأكثر من ثلاثين عاما في عدة جامعات أردنية و أجنبية.

لقد استغرق إعداد هذه الطبعة من كتاب علم الأنسجة حوالي السنتين، وكنت أقضي الوقت اللازم لهذا الإعداد خارج الدوام الرسمي و من الوقت المخصص للأمور العائلية . و عليه، فإنني أعرب عن شكري لعائلتي التي دعمتني في هذا العمل، كما يمتد شكري للآنسة نور القرنة و الآنسة نور الحاج للمساعدة في التدقيق الفني و اللغوي، و كذلك للمساهمة في عملية الإنتاج. و يسرني أن

أعرب عن شكري لبعض من درستهم هذا العلم في أكثر من جامعة على الملاحظات التي أبدوها كتابة أو شفاهة.

أ. د. حميد أحمد الحاج

عمـان / الأردن

الفصل الأول

1 الأنسجة الطلائية
Epithelial Tissues

تغطي الأنسجة الطلائية أسطح الجسم الخارجية وبطانة أعضائه الأنبوبية، وتتكون هذه الأنسجة من خلايا متراصة تنتظم بطبقة أو أكثر وتقوم بعدة وظائف مثل الامتصاص والإفراز. تنشأ هذه الأنسجة من الطبقات الجنينية الثلاث، وتصنف إلى عدة أنواع اعتماداً على شكل خلاياها أو عدد طبقاتها أو وظيفتها.

1. خصائص الأنسجة الطلائية

تتصف الأنسجة الطلائية بالأمور التالية:

أ. وجود حيزات بين خلوية قليلة.

ب. خلوها من الأوعية الدموية.

ج. ارتكازها على **صفيحة قاعدية basal lamina** مكونة من ألياف وخييطات.

د. لها سطح حر، أي أنها تتعرض إما للهواء كما في بشرة الجلد وبطانة مجرى التنفس أو لسوائل الجسم، كما في بطانة المسالك البولية والتناسلية، أو للطعام، كما في الأعضاء الهضمية.



2. وظائف الأنسجة الطلائية

تقوم الأنسجة الطلائية بالوظائف التالية:

أ. الحماية كما في بشرة الجلد وبطانة الأعضاء الأنبوبية.

ب. الامتصاص، كما في أنسجة الأمعاء الدقيقة والكلية.

ج. الإفراز، وهي وظيفة هامة لأنسجة الغدد المختلفة.

د. الإحساس، كما في أنسجة اللسان والأنف والعين و الأذن.

هـ . التكاثر، الذي يشكل وظيفة أساسية للمبيض والخصية.

3. منشأ الأنسجة الطلائية

تنشأ الأنسجة الطلائية من **الطبقات الجرثومية germ layers** الجنينية الثلاثة. فالأنسجة الطلائية التي تغطي الاسطح الخارجية للجسم، كما في الجلد، إضافة إلى بطانة الأنف والفم والشرج، تشتق من **الأدمة الخارجية ectoderm**. أما بطانة الجهاز الهضمي والغدد المشتقة منه، مثل الكبد والبنكرياس، وكذلك بطانة الجهاز التنفسي فتشتق من **الأدمة الداخلية endoderm**، وتنشأ الأنسجة الطلائية المبطنة للأوعية الدموية والمسالك التناسلية والبولية من **الأدمة الوسطى mesoderm**.

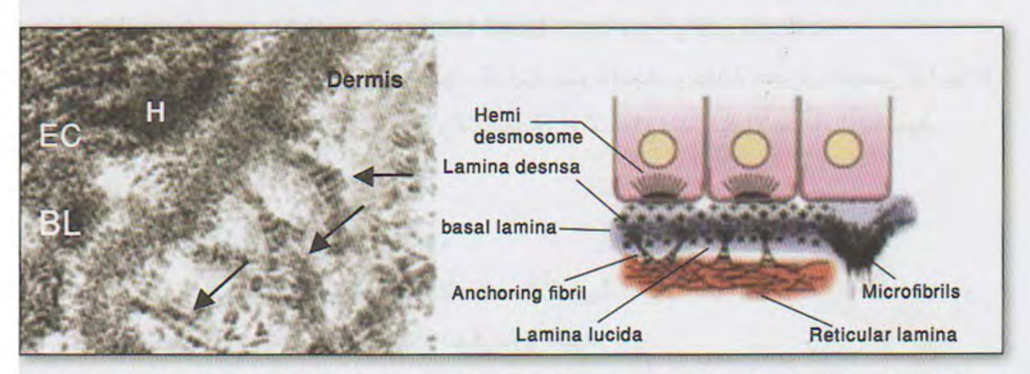
4. الصفيحة القاعدية Basal Lamina

1.4 تركيب الصفيحة القاعدية

ترتكز جميع الأنسجة الطلائية على طبقة ليفية خيطية تسمى **الصفيحة القاعدية basal lamina** التي تفصلها عن النسيج الضام، و لا ترى هذه الصفيحة إلا بالمجهر الإلكتروني

النافذ، حيث تظهر على هيئة **صفيحة كثيفة lamina densa** ذات سمك يترواح بين 20 و100 نانومترا، و تتكون من شبكة من الليفات الدقيقة، إضافة إلى صفيحة شفافة **lamina lucida** على جانب واحد أو على جانبي الصفيحة (شكل 1).

من الناحية الكيميائية تتركب الصفيحة القاعدية من ثلاثة مكونات أساسية هي:البروتين **كولاجين collagen**، **والبروتين الكروبهيدراتي glycoprotein لامنن laminin والكربوهيدرات البروتيني proteoglycan** المسمى **كبريتات هباران heparan sulfate**. وترتبط الصفيحة القاعدية بالأنسجة الضامة الواقعة تحتها عبر **لييفات مثبتة anchoring fibrils** تتشكل من كولاجين VII، وحزم من **الخييطات الدقيقة microfilaments**(شكل 1).



(**شكل** 1) رسم لنسيج طلائي مرتكز على صفيحة قاعدية مكونة من طبقة مركزية كثيفة و طبقة شفافة عند جانبيها (يمين) وصورة بالمجهر الإلكتروني لجزء من خلية طلائية EC ترتكز على صفيحة قاعدية BL. يظهر تحتها نسيج ضام في **أدمة الجلد** dermis يحتوي ألياف كولاجين (يسار، أسهم). يرمز الحرف H إلى نصف جسم رابط.

2.4 وظائف الصفيحة القاعدية

أ. تكوين حاجز انتقائي بين خلايا الأنسجة الضامة والأنسجة الطلائية.

ب. تحديد التفاعلات بين الخلايا، فمثلاً، لا يتم الترابط بين الأنسجة العصبية والعضلية إلا بوجود صفيحة بينهما.

ج. توجيه حركة الخلايا الطلائية، إذ بزوال الصفيحة القاعدية من تحت نسيج طلائي سرطاني تنتشرخلايا هذا النسيج إلى الأنسجة المجاورة.

د. تحديد مسارات هجرة الخلايا أثناء التكوين الجنيني.

5. ترابط الخلايا الطلائية

ذكرنا في بداية هذا الفصل أن الحيزات بين الخلايا الطلائية قليلة أو معدومة مما يوفر لهذه الخلايا، وللأنسجة التي تتكون منها، ترابطا قويا يجعل فصلها عن بعض أمراً صعباً. ويكون هذا

الترابط ضرورياً في الأنسجة التي تتعرض للضغط والاحتكاك المتواصل كما في الجلد، ويتم هذا الأمر بوجود العناصر التالية:

أ. **بروتينات كربوهيدراتية glycoproteins** وهي مكونات أساسية في أغشية الخلايا الطلائية، ولهذه البروتينات قوة ربط عالية.

ب. **كربوهيدرات بروتينية proteoglycans** في الحيزات بين الخلايا.

ج. أيونات الكاليسوم التي تحافظ على هذا التماسك.

د. وجود روابط بين الخلايا الطلائية تعمل على تماسكها، كما تزودها بوسائل اتصال بينية. وتتخذ هذه الروابط نظاماً معيناً يمتد من قمم الخلايا الطلائية حتى قواعدها (شكل 2) ومن هذه الروابط:

1.5 الروابط المحكمة Tight Junctions

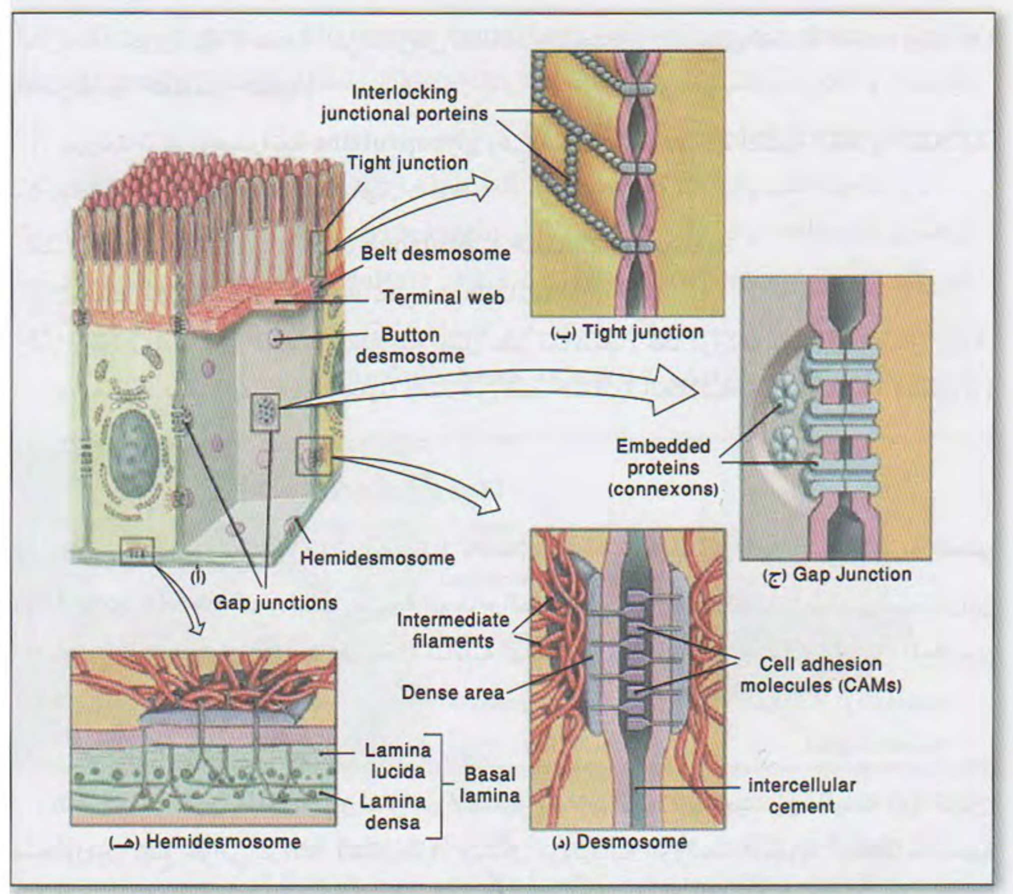
تشكل هذه الروابط حزماً تحيط كليا بالخلايا الطلائية ويسمى هذا النوع **الحزام الخفي zonula occludens** الذي يتكون نتيجة اندماج الطبقتين الخارجيتين لغشائي خليتين متجاورتين في موقع أو أكثر (شكل 2)، والوظيفة الأساسية لهذه الروابط هي تكوين موانع لتسرب المواد بين الخلايا الطلائية.

2.5 الروابط الفجوية Gap Junctions

تتصف هذه الروابط بالتجاور المتراص لأغشية الخلايا الطلائية، حيث أن المسافة بين خليتين متجاورتين تبلغ حوالي 2 nm (شكل 2). وتشكل بروتينات الروابط الفجوية أشكالاً سداسية لها ثقوب مركزية محبة للماء يبلغ قطرها حوالي 1.5 nm . و من الناحية الوظيفية، تسمح هذه الروابط بتبادل مواد مثل الهرمونات، و cAMP ،GMP، وبعض الأيونات بين الخلايا، وبذلك يتناسق عملها كوحدة كما في الخلايا العضلية القلبية. كذلك فإن للروابط الفجوية دوراً هاماً في تناسق التكوين الجنيني.

3.5 الأجسام الرابطة Desmosomes

هذه تراكيب قرصية الشكل توجد على الوجه السيتوبلازمي عند نقطة الارتباط بين غشائي خليتين متجاورتين، تفصلهما في هذه المنطقة مسافة تبلغ حوالي 0.03 µm. ويتشكل كل جسم رابط من مادة كثيفة تسمى **لوحة الارتباط attachment plaque** (شكل 2) تتكون من 12 بروتينيا. كذلك، أظهرت الدراسة المجهرية الإلكترونية أن مجموعات من **خييطات متوسطة intermediate filaments** تتصل بالجسم الرابط على هيئة دبابيس الشعر (شكل 2). وتظهر الأجسام الرابطة على شكل رقع على طول الأغشية الجانبية لمعظم الخلايا الطلائية، وهذه الأجسام هي النوع الوحيد من الروابط التي توجد في بشرة الجلد حيث تزوده بالتماسك القوي.



(**شكل** 2) رسم يبين أنواع الروابط بين الخلايا الطلائية (أ) و رابطا محكماً (ب) و رابطاً فجويا (ج) وجسماً رابطاً (د) بين خلايا طلائية متجاورة، كما يظهر نصف جسم رابط بين خلية طلائية و نسيج ضام تحتها (هـ).

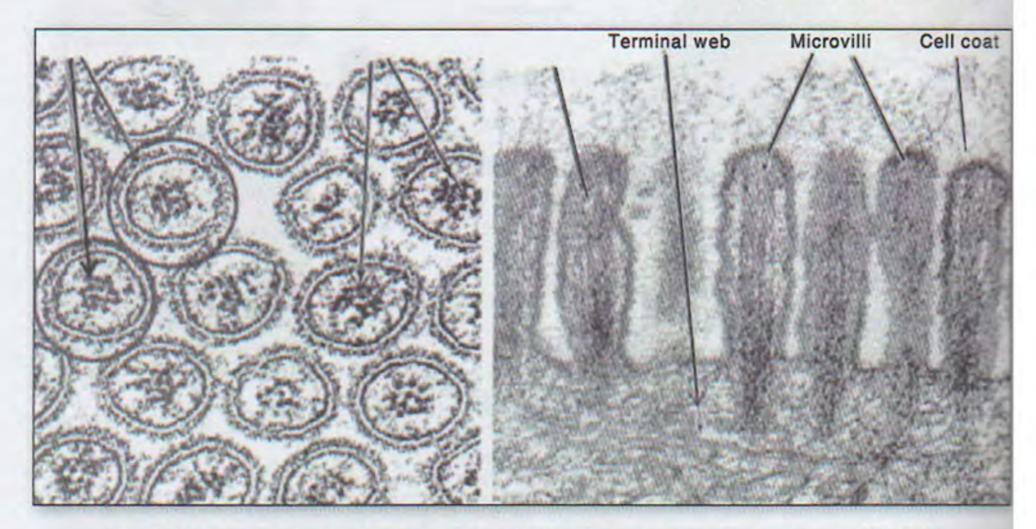
تجدر الإشارة إلى أن بعض الخلايا الطلائية ترتبط بالصفيحة القاعدية بواسطة **أنصاف أجسام رابطة hemidesmosomes** (شكل 1، 2). ومن حيث الشكل، تأخذ هذه الأجسام نصف تركيب جسم رابط من ناحية غشاء الخلية الطلائية، ويعتقد أن أنصاف الأجسام الرابطة تساهم في ربط الخلايا الطلائية بالصفائح القاعدية.

6. تخصصات أسطح الخلايا الطلائية

تظهر على الأسطح الحرة لخلايا بعض الأنسجة الطلائية بروزات تزيد مساحتها السطحية لتعزيز قدراتها الامتصاصية أو الافرازية، كما يعمل بعضها على تحريك الأجسام الغريبة من على أسطح تلك الخلايا لحمايتها، ومن هذه التخصصات:

1.6 الخملات الدقيقة Microvilli

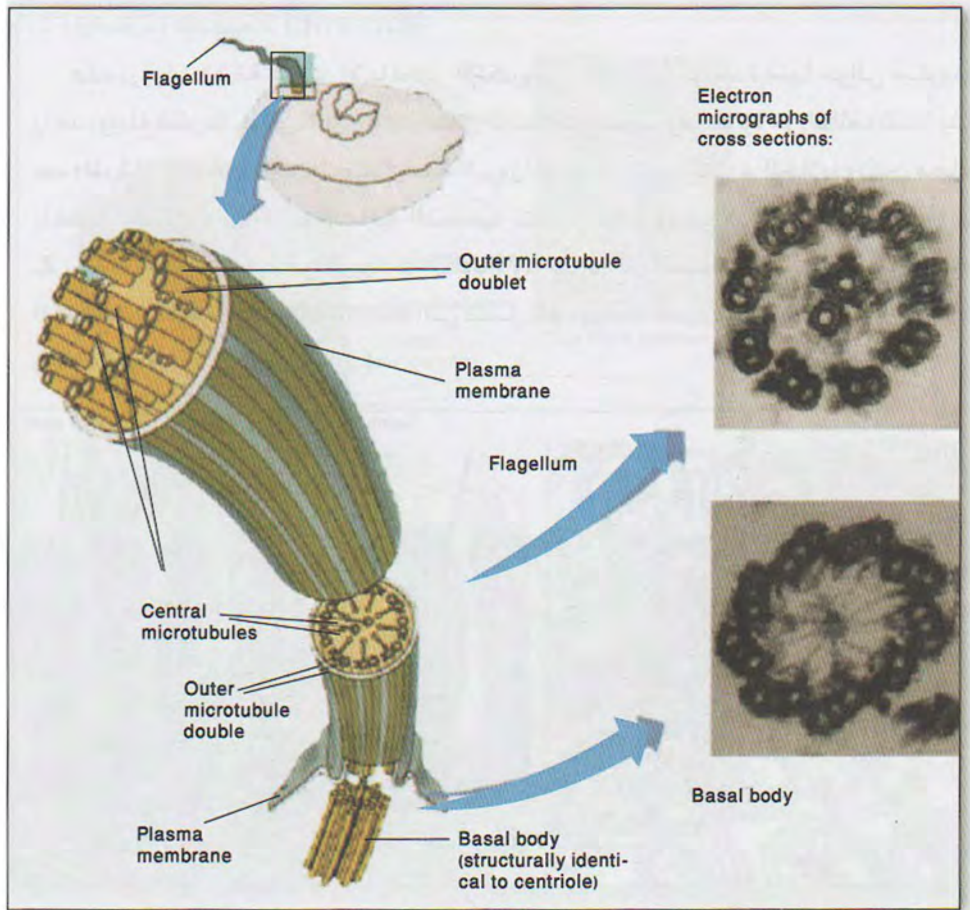
هذه بروزات دقيقة لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني، يبلغ طول الواحدة منها حوالي ميكرومتر واحد، ويبلغ قطرها حوالي 0.08 μm. وتشكل الخملات الدقيقة وما حولها من لفائف شكلاً يشبه **حد الفرشاة brush border**. وتمثل هذه البروزات نتوءات لسيتوبلازم الخلايا وتكون محاطة بأغشية. وبهذا، فإنها تزيد المساحة السطحية لتلك الخلايا وترفع قدرتها الامتصاصية، كما في بطانة الأمعاء الدقيقة والأنيبيبات الكلوية. وتوجد داخل الخملات الدقيقة مجموعات من **الخييطات الدقيقة microfilaments** التي تتصل مع خييطات أخرى توجد تحت تلك الخملات، وهذا ما يوفر دعامة لها (شكل3).



(**شكل 3**) صورة مجهرية إلكترونية تبين بمقطع طولي الخملات الدقيقة على سطح خلية أمعاء دقيقة (يمين)، وصورة مجهرية إلكترونية تبين بمقطع عرضي الخملات الدقيقة وبداخلها الخييطات الدقيقة (أسهم، يسار).

2.6 الأهداب Cilia

هذه بروزات مستطيلة ومتحركة تقع على أسطح بعض الخلايا الطلائية، كما في بطانة القصبة الهوائية وقناة المبيض. وبمقطع عرضي في المجهر الإلكتروني النافذ، تظهر الأهداب بشكل مستدير يحاط بغشاء خلوي يحتوي بداخله تسع ثنائيات من **أنيبيبات دقيقة microtubules** تحيط بـ أنيبيبين في الوسط (شكل 4). وفي مقاطع طويلة تظهر الأهداب متصلة بـ **أجسام قاعدية basal bodies** (شكل 4)، وهي تراكيب كثيفة توجد عند رؤوس الخلايا الطلائية ولها تراكيب دقيقة شبيهة بتلك الموجودة في **المريكزات centrioles**.



(**شكل 4**) رسم ببعد ثلاثي يبين مكونات هدبة أو سوط و جسم قاعدي (يسار) و صورة مجهرية إلكترونية لمقطع عرضي في هدبة (يمين، فوق) و في جسم قاعدي (يمين، تحت).

ومن ناحية وظيفية، تقوم الأهداب بتحريك السوائل أو الجسيمات التي تمر في المسالك التنفسية والتناسلية ، و في المسالك الأخيرة تعمل الأهداب على تحريك الخلايا المنوية و البويضات، و تجدر الإشارة إلى أن هذه الحركة تعود لوجود تراكيب دقيقة تسمى **أذرع داينين dynein arms** المتصلة بـ ثنائيات الأنيبيبات الدقيقة، و تبين بأن لهذه الأذرع قدرة إنزيم **ATPase**. و يبلغ عدد الأهداب في بعض الخلايا الطلائية عدة مئات (حوالي 250 في الخلايا المبطنة للقصبة الهوائية)، ويبلغ قطرها حوالي 0.2 µm. بينما يتراوح طولها بين 5 و10 µm.

و على أسطح خلايا بعض الأنسجة الطلائية توجد **أشباه أهداب stereocilia** ، كما على بطانة **البربخ epididymis** و **الوعاء الناقل vas deferens** في الجهاز التناسلي الذكري، حيث تقوم هذه التراكيب بزيادة المساحة السطحية للنسيج الطلائي لتسهل حركة الجزيئات من و إلى الخلايا.

3.6 الأسواط Flagella

هذه البروزات أكثر طولاً وأقل عدداً من الأهداب، ويقتصر وجودها في الإنسان على الحيوانات المنوية فقط. ومن حيث التركيب، فإن الأسواط شبيهة بالأهداب (شكل 4)، ووظيفتها الأساسية هي تحريك الخلايا حيث يبدو ذلك جلياً في الحيوانات المنوية.

7. أنواع الأنسجة الطلائية

تصنّف الأنسجة الطلائية على عدة أسس، منها: شكل وعدد طبقات الخلايا، ووظائفها. وفيما يلي نستعرض أنواع الأنسجة الطلائية اعتماداً على هذه الأسس.

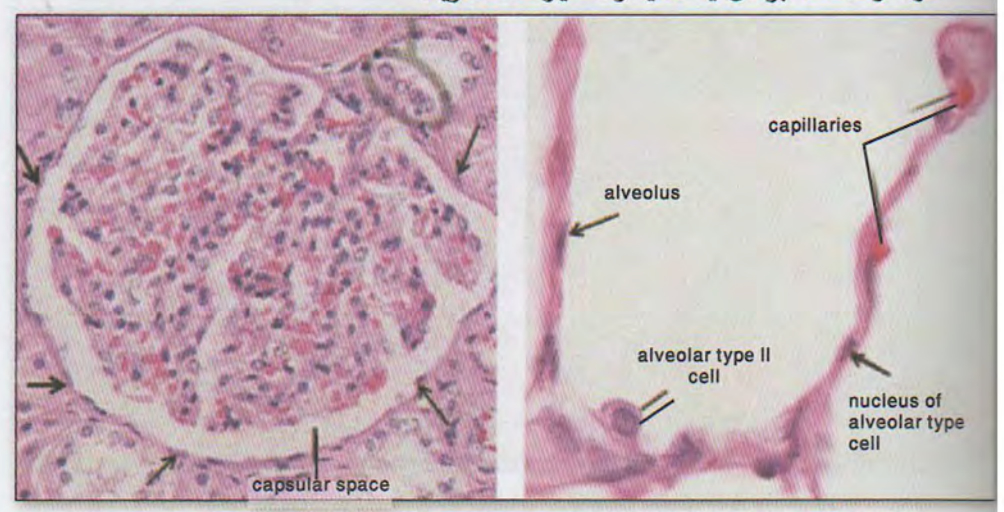
1.7 التصنيف حسب شكل وعدد طبقات الخلايا

1.1.7 طلائي حرشفي Squamous Epithelium

تكون الخلايا من هذا النوع مسطحة ولها شكل حرشفي ونوى مركزية مستديرة أو بيضوية. وفي مقطع عرضي، يظهر سيتوبلازمها رقيقاً عند أطرافها وعادة ما يكون منتفخا في محيط النوى (شكل 5). وقد يكون هذا النسيج بسيطاً مكوناً من طبقة واحدة من الخلايا أو من عدة طبقات.

أ. الحرشفي البسيط Simple Squamous

يتكون هذا النسيج من طبقة خلوية واحدة و يوجد في بطانة الأوعية الدموية والقلب والقنوات اللمفاوية والشعيرات و حوصلات الرئة (شكل 5)، وفي الأغشية التي تبطن التجاويف المحيطة بالقلب والرئتين، ويكون هذا النسيج معنياً بعمليات مثل الترشيح أو الانتشار كما في حوصلات الرئة ومحفظة بومان في الكلية والشعيرات الدموية.



(**شكل 5**) صورة لنسيج طلائي حرشفي بسيط في جدار حوصلة رئوية (يمين) و جدار محفظة بومان في الكلية (يسار). لاحظ الأسهم التي تبين نوى الخلايا الحرشفية.

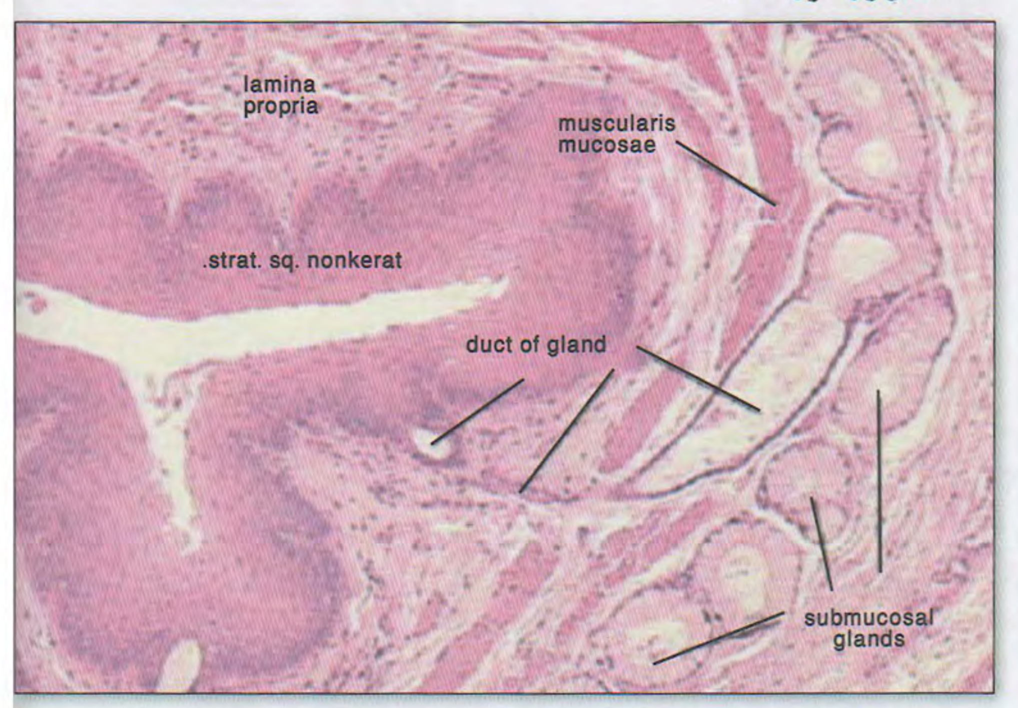
ب. الحرشفي الطبقي Stratified Squamous

يتكون هذا النوع من طبقتين خلويتين أو أكثر، و هو يعمل على وقاية الأعضاء التي يغطيها أو يبطنها، ذلك أنه يتحمل البلى و التهتك أكثر من الأنسجة البسيطة. و لهذا، نجد هذا النوع في الأماكن التي تتعرض لدرجة عالية من الاحتكاك مع محيطها المباشر كما في الجلد و الجهاز الهضمي والمهبل، و يحتوي جسم الإنسان نوعين من هذا النسيج، هما: **غير المتقرن non-keratinized**، و **المتقرن keratinized**.

وفيما يلي استعراض لكل منهما:

- **طبقي حرشفي غير متقرن Stratified Squamous Nonkeratinized**

يبطن هذا النسيج التجاويف المبتلة في الجسم، مثل تجويف الفم والأنبوب الهضمي (شكل 6). وفي هذا النوع تكون الخلايا القاعدية متعددة الأضلاع، ولها قدرة عالية على الإنقسام لتكون مصدرا متجددا للخلايا التي تتهتك في الطبقات العليا، أما الخلايا السطحية فتكون حرشفية ولها نوى داكنة (شكل 6)، وباقترابها من السطح تضمر وتصبح حرشفية الشكل ولها نوى داكنة.



(**شكل 6**) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن كما في بطانة المريء.

• **طبقي حرشفي متقرن Stratified Squamous Keratinized**

يغطي هذا النوع الأسطح الجافة، وبشكل عام، فإنه يشبه النوع غير المقترن، غير أن خلاياه السطحية ميتة وممتلئة بألياف **كراتين keratin** القاسية (شكل 7). وبهذا التركيب، يكون هذا النسيج مناسباً جداً لحماية الأنسجة والأعضاء الخارجية. ومن الخصائص التي تساعد هذا النسيج على القيام بوظيفة الوقاية: التغلظ والتقرن الكبيران، والقدرة على طرح الخلايا السطحية التي تتعرض للكشط، والتعويض عنها بانقسام الخلايا القاعدية، و وفرة الأجسام الرابطة. وتمثل بشرة الجلد مثالاً جيداً على هذا النوع.



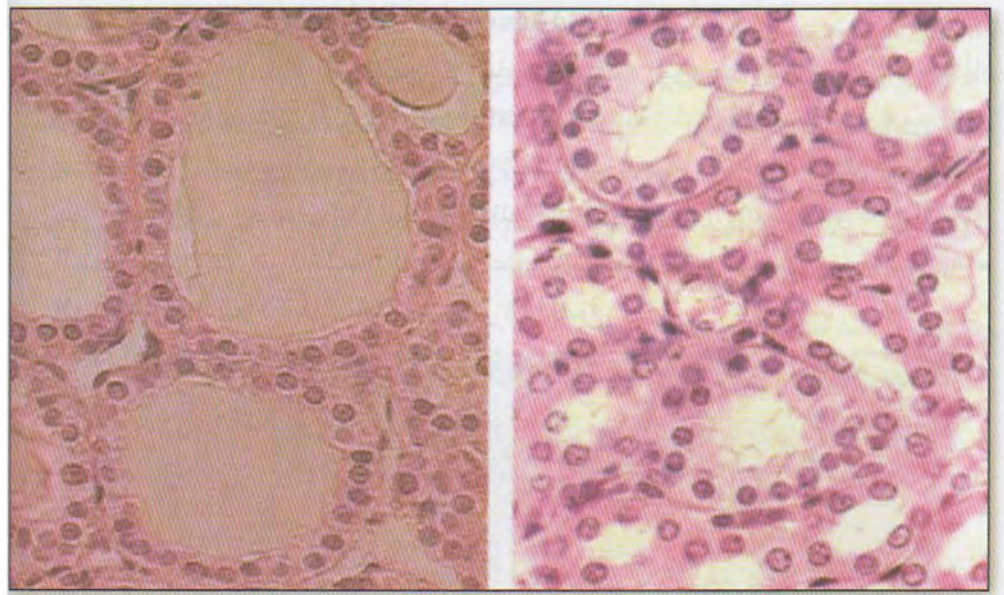
(**شكل** 7) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن، كما في الجلد. يشير الرقم 1 إلى الطبقة السفلى من أدمة الجلد، ويبين الرقم 2 ألياف كراتين في بشرة الجلد.

2.1.7 طلائي مكعب Cuboidal Epithelium

تبدو الخلايا في مقطع عرضي لهذا النسيج بشكل مربع، بداخله نواة مركزية ومستديرة. ويظهر سيتوبلازم خلايا هذا النسيج إما رائقاً أو حبيبياً. وقد يكون هذا النوع بسيطاً أو طبقياً.

أ. **مكعب بسيط Simple Cuboidal**

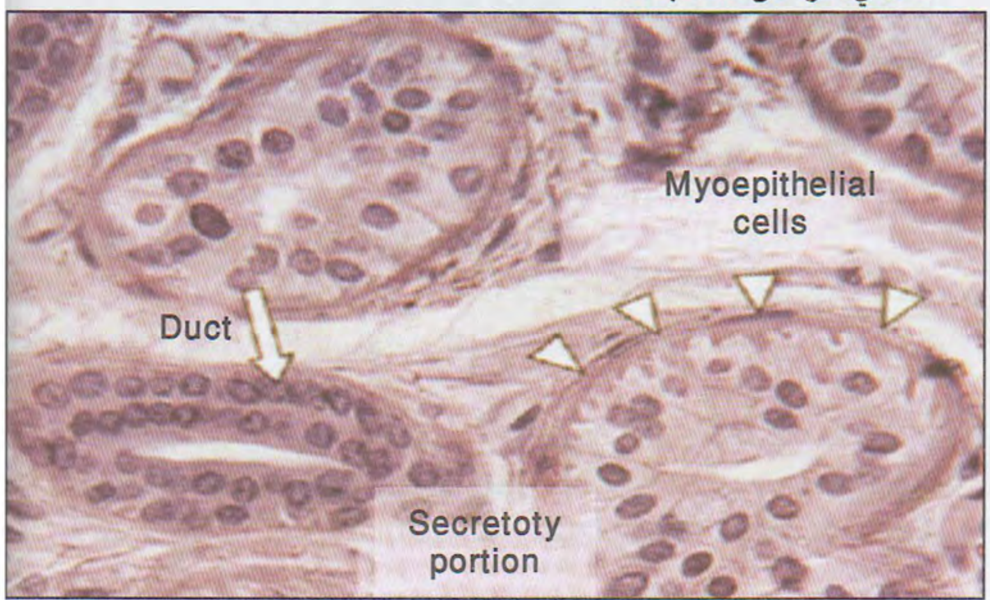
توجد هذه الأنسجة في حوصلات الغدة الدرقية وأنيبيبات الكلية وعلى سطح المبيض (شكل 8)، وتقوم بعمليات إفرازية أو إمتصاصية، و يحتوي سيتوبلازمها كميات وافرة من الميتوكوندريا وفي كثير من الأحيان تحمل أعدادا كبيرة من الخملات الدقيقة. كما في أنيبيبات الكلية.



(**شكل 8**) صورة لنسيج طلائي مكعب بسيط في حوصلات غدة درقية (يسار) وأنيبيبات كلوية (يمين).

ب. مكعب طبقي Stratified Cuboidal

هذا نوع نادر، يمكن ملاحظته في أماكن مثل قنوات الغدد العرقية حيث تكون القناة مكونة من طبقتين فقط (شكل 9) ،وفي حويصلات المبيض النامي وفي الخصية، يحث يكون النسيج الطلائي مكوناً من عدة طبقات.



(**شكل 9**) مقطع عرضي في قناة غدة عرقية (تحت، يسار).

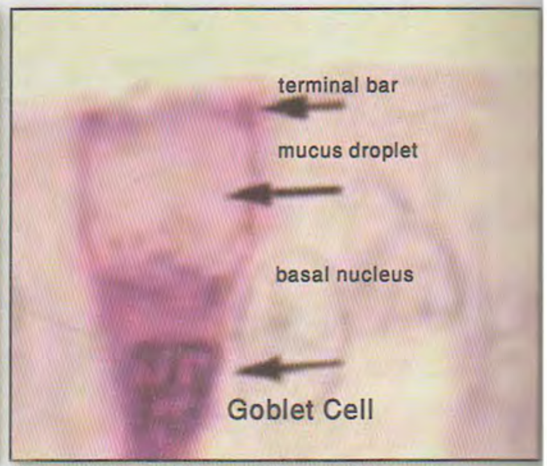
3.1.7 طلائي عمادي Columnar Epithelium

تظهر خلايا هذا النسيج عند قطعها طولياً بشكل عمادي، حيث تحتل نواها مواقع قاعدية (شكل 10)، وقد توجد على أسطح هذه الخلايا أهداب أو خملات دقيقة. وفي بعض الحالات تظهر مادة مخاطية على أسطح هذه الخلايا كما في بطانة الجهاز التنفسي. وبشكل عام يقوم هذا النوع بوظيفة امتصاصية أو إفرازية، وقد يكون هذا النسيج بسيطاً أو طبقياً.

أ. عمادي بسيط Simple Columnar

يوجد هذا النوع في بطانة قناة المبيض حيث تحمل خلاياه أهدابا تحرك الحيوانات المنوية و البيوض، وكذلك في بطانة الأمعاء الدقيقة حيث تكثر الخملات الدقيقة على أسطح الخلايا لتساعد في رفع كفاءة الامتصاص وتظهر الخلايا العمادية المبطنة للأمعاء الدقيقة **خلايا كأسية Goblet cells** التي تفرز مادة مخاطية تليّن مجرى الهضم (شكل 10).





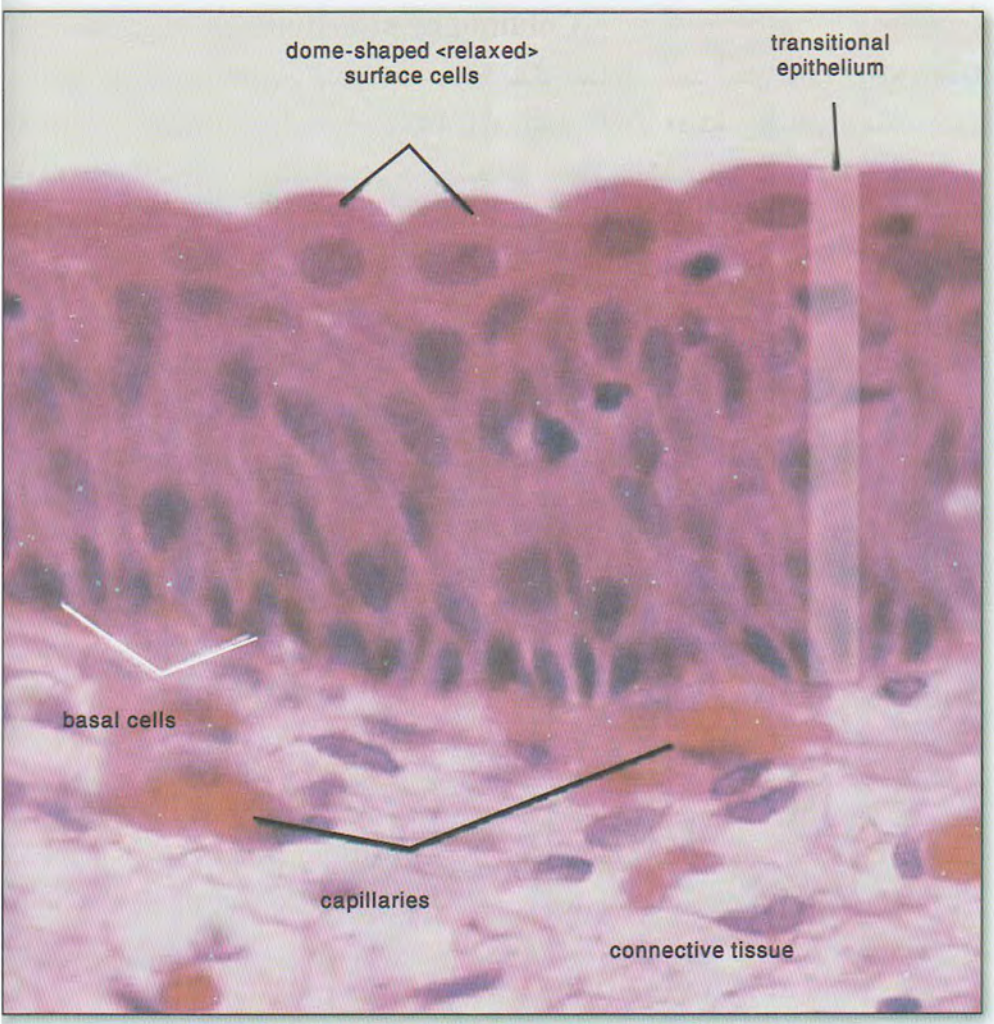
(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي عمادي بسيط كما في خملات الأمعاء الدقيقة (يسار)، وصورة مكبرة لخلية كأسية (يمين).

ب. عمادي طبقي Stratified Columnar

هذا نوع نادر أيضاً، ويوجد في قنوات الغدد القنوية الكبيرة، وفي **ملتحمة العين conjunctiva of the eye**.

4.1.7 طلائي انتقالي Transitional Epithelium

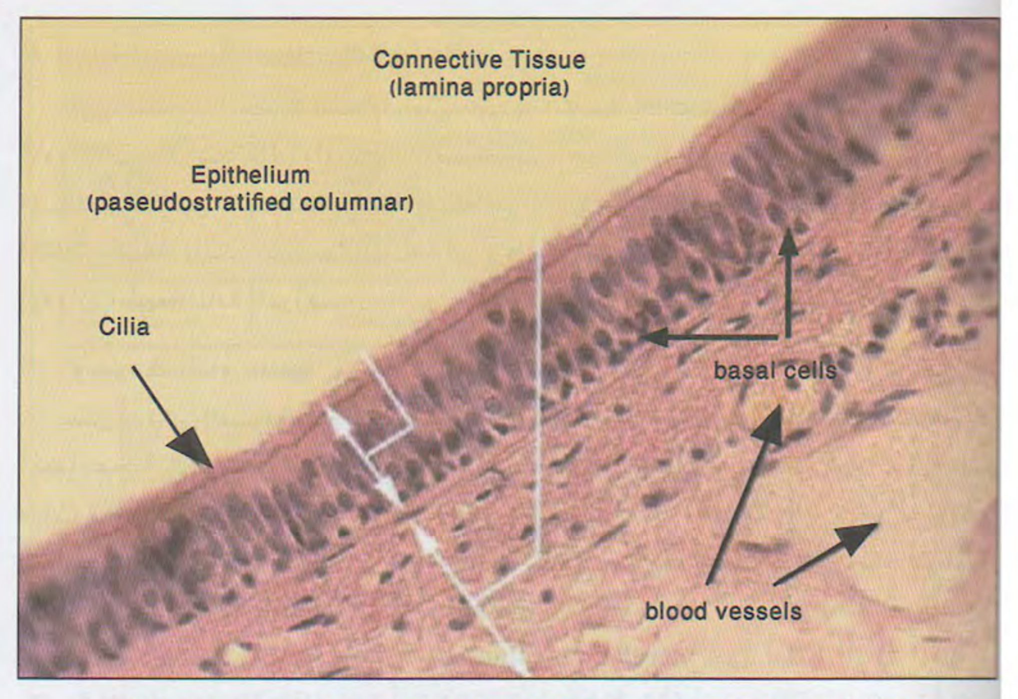
يبطن هذا النوع تجاويف المثانة البولية، والحالب والجزء العلوي من الإحليل، ويسمى هذا النسيج بالانتقالي لأن عدد طبقاته يتغير من حوالي ثلاث طبقات في حالة امتلاء العضو المحتوي كما في (المثانة البولية) إلى حوالي عشر طبقات عند إفراغها. وتكون الخلايا القاعدية في هذا النسيج عمادية بينما تكون الخلايا السطحية مقببة (شكل 11).



(**شكل** 11) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي انتقالي، كما في المثانة البولية.

5.1.7 طلائي طبقي كاذب Pseudostratified Epithelium

يتشكل هذا النسيج من خلايا عمادية مكتظة، ترتكز كلها على صفيحة قاعدية، بينما لا يصل إلا بعضها إلى السطح الحر للنسيج، وهذا ما يجعل نوى هذه الخلايا تبدو وكأنها في عدة طبقات (شكل 12). ويلاحظ بان الخلايا التي تصل إلى السطح لها شكل عمادي بقواعد متخصّرة. أما **الخلايا القاعدية basal cells** التي لا تصل إلى السطح الحر فتكون قصيرة ومستديرة أحيانا، أو قد تأخذ شكلاً مغزلياً (شكل 12). ويوجد هذا النسيج في عدة أماكن في الجسم، من أبرزها بطانة القصبة الهوائية وتجويف الأنف والشعب التنفسية والبربخ، وفي هذه المواقع يكون النسيج



(**شكل** 12) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي طبقي كاذب كما في بطانة القصبة الهوائية. لاحظ الأهداب على أسطح الخلايا.

2.7 التصنيف حسب الوظيفة

تصنف الأنسجة الطلائية من ناحية وظيفية إلى مغطاة (أو مبطنة) وغدية. وبعد أن عالجنا الأنسجة الطلائية المغطاة بأنواعها من حيث الشكل وعدد الطبقات، فإننا نتوقف عند الأنسجة الطلائية الغدية من حيث طبيعتها وأنواعها ومصدرها.

تتكون الأنسجة الطلائية الغدية من خلايا متخصصة بإفراز مواد سائلة تحتوي جزيئات كبيرة تنقل إلى الدم مباشرة، أو عبر قنوات تصل إلى مناطق محددة. وتصنع هذه السوائل المفرزة داخل الخلايا الغدية وتخزن في حويصلات غشائية تدعى **حبيبات إفرازية secretory granules**. وتختلف طبيعة الجزيئات المفرزة من الناحية الكيميائية، فقد تصنع الخلايا الغدية جزيئات بروتينية (في البنكرياس)، أو دهنية (في الغدد الدهنية في الجلد) أو مركبات من بروتينات ودهنيات وكربوهيدرات (في الغدد اللعابية)، وقد تفرز بعض الغدد، مثل الثديية ، بروتينات ودهنيات وكربوهيدرات.

8. أنواع الأنسجة الطلائية الغدية

تكون الغدد إما أحادية الخلايا، مثل **الخلايا الكأسية goblet cells** التي توجد في بطانة الأمعاء الدقيقة (شكل 10) والمجاري التنفسية، وتقوم هذه الخلايا بإفراز مواد مخاطية تلين تلك المسالك. وقد تكون الغدد متعددة الخلايا، كما هو الحال في غالبية غدد الجسم، وتتخذ هذه الغدد أشكالاً مختلفة، ويمكن تصنيفها إلى عدة أنواع حسب المعايير التالية: وجود قناة او عدمه، طريقة الإفراز، وطبيعة المادة المفرزة.

1.8 وجود قناة أو عدمها

يمكن أن تكون الغدد متعددة الخلايا **قنوية exocrine**، أي تصب إفرازها عبر قناة لتنتقل إلى أعضاء معينة في الجسم، أو قد تكون هذه الغدد **صماء endocrine**، حيث تصب إفرازها في الدم مباشرة. يوجد نوعان من الغدد الصماء وذلك بناء على تنظيم خلاياها: ففي النوع الأول تكوّن الخلايا حبالاً تنتشر بين الشعيرات الدموية، وهذا ما يلاحظ في الفص الأمامي للغدة النخامية، وفي النوع الثاني قد تحيط خلايا الغدد بحوصلة ممتلئة بالمادة المفرزة، كما في الغدة الدرقية.

وتتشكل الغدد القنوية من **جزء إفرازي secretory portion** تفرز خلاياه المادة المطلوبة، **وقنوات ducts** تنقل المادة المفرزة إلى الخارج. ويبين (شكل 13) أنواع هذه الغدد التي قد تكون **بسيطة simple** أو **مركبة compound**.

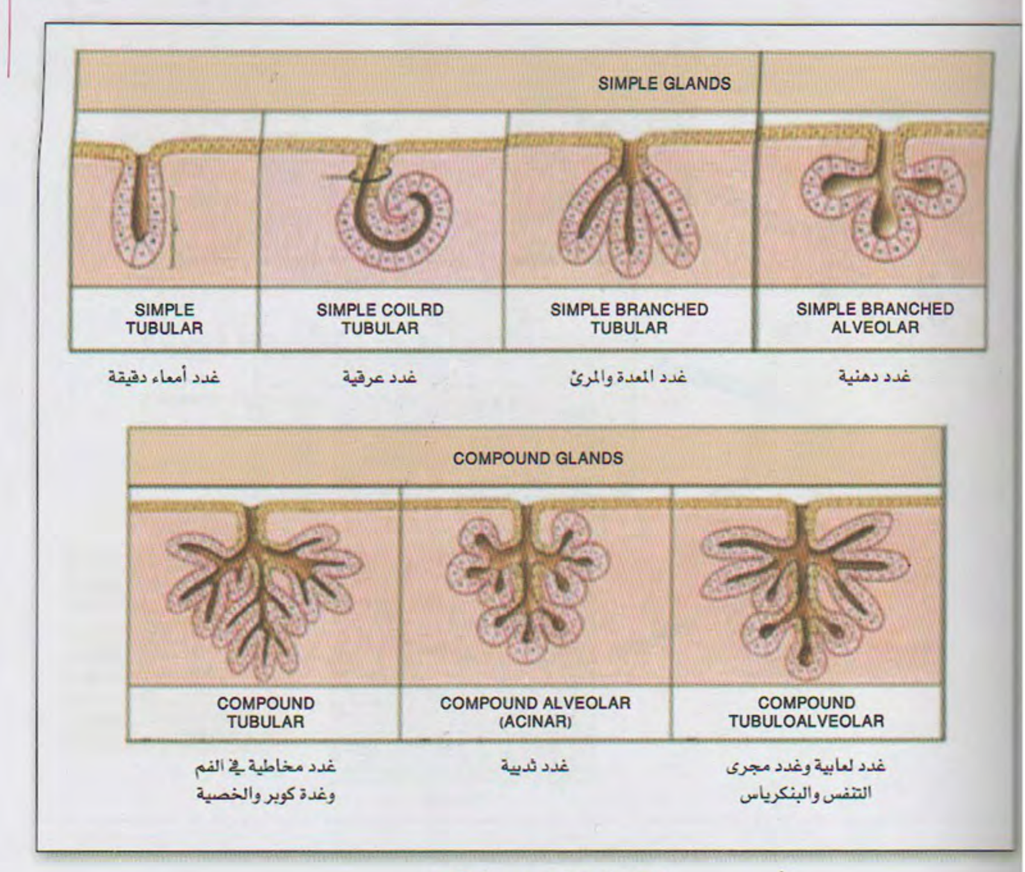
1.1.8 الغدد البسيطة Simple Glands

لهذه الغدد قناة واحدة غير متفرعة، ويمكن أن يكون جزؤها الإفرازي أنبوبياً **tubular** أو **أنبوبياً ملتفاً coiled tubular** أو **أنبوبياً متفرعاً branched tubular** أو **عنقودياً متفرعاً branched acinar** (شكل 13).

2.1.8 الغدد المركبة Compound Glands

قنوات هذه الغدد متفرعة، وأجزاؤها الإفرازية قد تكون **أنبوبية tubular** أو **عنقودية acinar** أو **عنقودية أنبوبية tubbuloaciner** (شكل 13).

تجدر الإشارة هنا إلى أن بعض الغدد تتشكل من جزء قنوي وآخر أصم. ففي البنكرياس مثلاً، تفرز الأجزاء العنقودية إنزيمات عبر قنوات لتصل إلى الأمعاء الدقيقة، بينما تفرز **جزر لانجرهانس Islets of Langerhans** هرموني **إنسولين insulin وجلوكاجون glucagon** إلى الدم مباشرة. وفي الكبد تفرز الخلايا بعض نواتجها، مثل **الصفراء bile** إلى قناة الصفراء لتصل إلى المرارة، وتفرز نفس الخلايا مواداً، مثل **الألبيومين albumin** و**مولد الليف fibrinogen** إلى الدم. ويمكن اعتبار الخصية والمبيض غدداً صماء وقنوية في آن.



(**شكل** 13) أنواع الغدد القنوية.

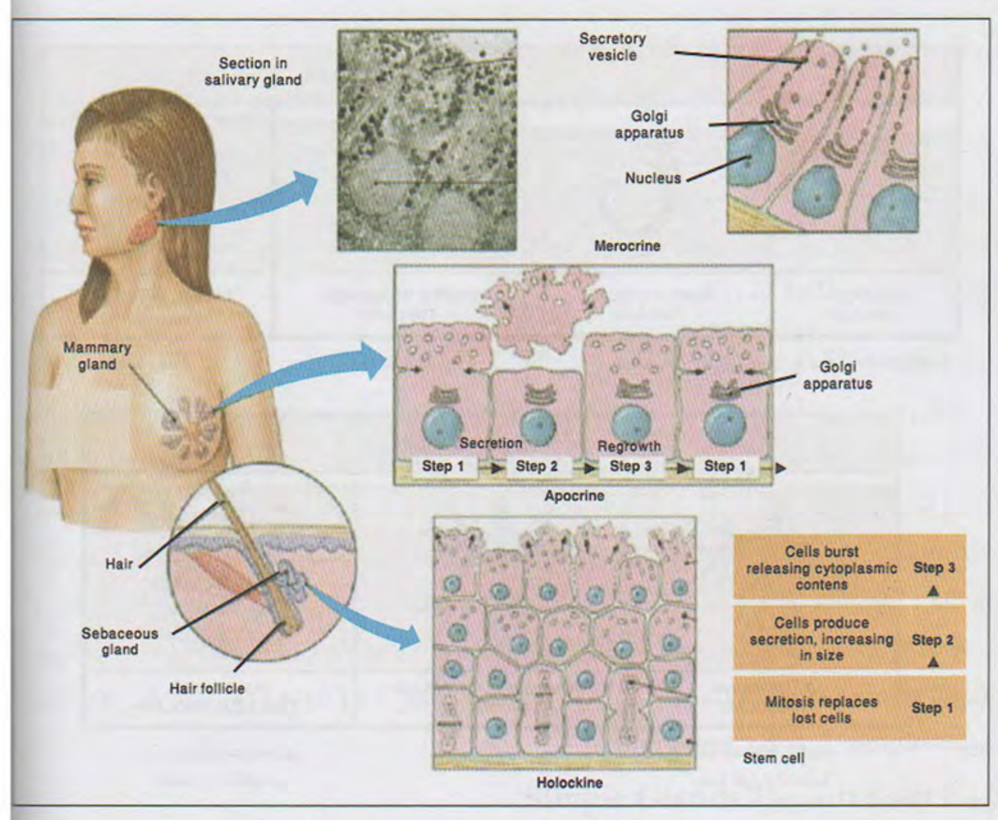
2.8 طريقة إفراز المواد

على هذا الأساس تقسم الغدد إلى الأنواع التالية:

أ. **كلية الإفراز holocrine**، كما في الغدد الدهنية في الجلد، وفي هذه الحالة تطرح المادة المفرزة مع المحتوى الكلّي للخلايا، أي أن الخلايا المفرزة تتحطم كلياً عند إفرازها (شكل 14).

ب. **رأسية الإفراز apocrine**، حيث تطلق المادة المفرزة مع أجزاء رأسية من السيتوبلازم، كما في الغدد الثديية (شكل 14).

ج. **مجردة الإفراز merocrine** كما في البنكرياس والغدد اللعابية، وفي هذه الحالة تخرج المواد المفرزة من الخلايا مجردة من أي جزء منها، أي أن الخلايا تبقى سليمة (شكل 14).



(**شكل 14**) أنواع الغدد بالنسبة لطريقة الإفراز.

3.8 طبيعة المواد المفرزة

تصنف الغدد على هذا الأساس إلى:

أ. مصلية serous، وتفرز مواداً ذات قوام مائي، قد يحتوي إنزيمات، كما في البنكرياس، أو أملاحاً كما تفعل الغدد العرقية.

ب. مخاطية mucous، ويكون إفرازها مخاطياً، يحتوي مواداً بروتينية وسكرية، مثل غدد المريء و**الخلايا الكأسية goblet cells** في بطانة الأمعاء الدقيقة والغليظة والقصبة الهوائية.

ج. مصلية مخاطية seromucous، حيث يكون الإفراز مادة مصلية مخاطية، كما في أنبوب التنفس.

د. دهنية sebaceous و يكون إفرازها مادة دهنية، ويوجد هذا النوع في الغدد الدهنية في الجلد.

هـ. ستيرويدية steroid، حيث تفرز الغدد ستيرويدات لها نشاط هرموني، كما في الخصية والمبيض.

الفصل الثاني

2 الأنسجة الضامة
Connective Tissues

2

يكتسب الجسم قوامه بواسطة الأنسجة الضامة وذلك من خلال مادة بينيّة تحتوي أليافاً تساعد في ربط الأعضاء والأنسجة مع بعضها. إضافة إلى ذلك، تقوم الأنسجة الضامة بوظائف هامة مثل الدعامة والحماية وإيصال الغذاء. ولتحقيق هذه الأنشطة، تتصف الأنسجة الضامة بسمات سنبينها تالياً. وفي هذا الفصل سنعالج خصائص ووظائف ومنشأ ومكونات وأنواع الأنسجة الضامة.

1. خصائص الأنسجة الضامة

أ. تتكون الأنسجة الضامة من خلايا وألياف ومادة بينية، وتختلف هذه المكونات بكمها ونوعها من نسيج ضام لآخر. فالألياف، وعلى الرغم من شيوعها في معظم الأنسجة الضامة، إلاّ أنها لا توجد في بعضها، مثل الدم.

ب. تكون المادة البينية طرية كما في معظم الأنسجة الضامة، أو شبه صلبة، كما في الغضروف، أو صلبة كما في العظم.

ج. تغذي الأنسجة الضامة أوعية كثيرة، وهذا ما يؤهلها للعمل على إيصال المواد اللازمة للأنسجة الأخرى، خاصة الطلائية منها.

2. وظائف الأنسجة الضامة

أ. الدعامة، ويتمثل ذلك في عظام العمود الفقاري و القفص الصدري والأطراف.

ب. الحماية، وقد تكون ميكانيكية كما في الجمجمة التي تحمي الدماغ وكبسولات الأذن والعين والقفص الصدري الذي يحمي الرئتين والقلب، أو كيميائية حيث تلتهم بعض مكونات الأنسجة الضامة، مثل **الخلايا الأكولة phagocytes**، الأجسام الغريبة وتفككها بإنزيماتها. كذلك، فإن **الخلايا البلازمية plasma cells** تكوّن أجساماً مضادة تتحد مع الأجسام الغريبة، كالبكتيريا والفيروسات، وتبطل مفعولها. كما أن الأنسجة الضامة تمنع انتشار الأحياء الدقيقة خلال شبكة أليافها.

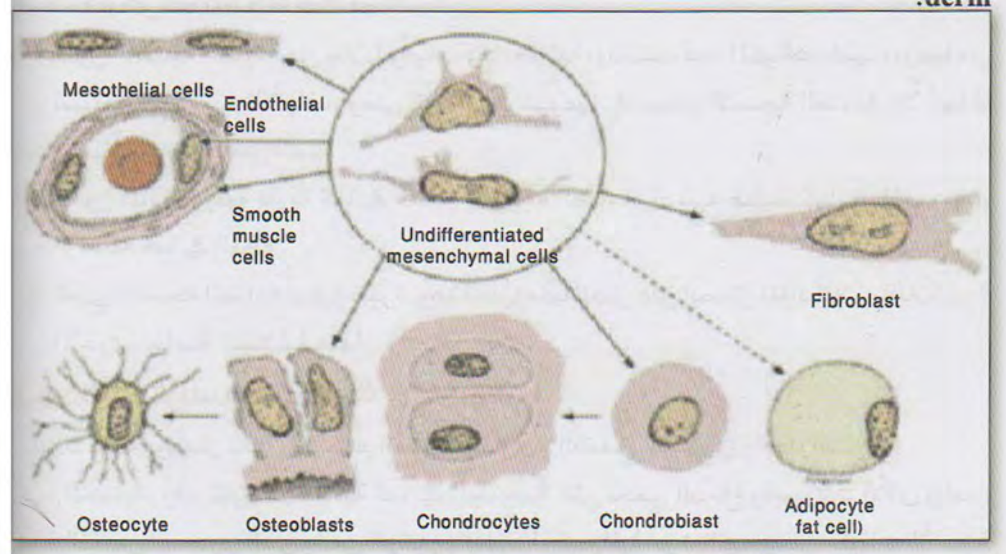
ج. التوسيد والتزود بالطاقة حيث تكوّن **الخلايا الدهنية adipocytes** أنسجة دهنية توّسد أعضاء مثل الكلية والأمعاء.

د. الضم، من خلال **الأربطة ligaments** التي تشد العظام إلى العظام و**الأوتار tendons** التي تربط العضلات بالعظام، أو من خلال أغشية تربط الأنسجة العضلية والأنسجة العصبية بمحيطها.

3. منشأ الأنسجة الضامة

تنشأ معظم الأنسجة الضامة من خلايا **الأدمة الوسطى mesoderm** في الجنين، وتهاجر هذه الخلايا الجنينية من موقعها إلى عدة مواضع في الجسم حيث تحيط بالأعضاء وتخترقها.

ويسمى النسيج الضام الجنيني بـ **الميزنشيم mesenchyme**، الذي يتكون من **خلايا ميزنشيمية mesenchymal cells**، تتصف بنوى بيضوية ونويات وافرة وكروماتين منتشر. أما سيتوبلازم هذه الخلايا فهو قليل، ويمتد كأذرع متعددة ودقيقة (شكل 1). ويشغل الحيز بين الخلايا مادة لزجة تحتوي أليافاً قليلة. وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنسجة الضامة في منطقة الرأس تشتق من **خلايا الأعراف العصبية neural crest cells** التي تشتق بدورها من **الأدمة الخارجية ecto-derm**.



(**شكل 1**) منشأ خلايا الأنسجة الضامة من خلايا ميزنشيمية جنينية غير متمايزة

4. مكونات الأنسجة الضامة

1.4 الخلايا

تكون بعض خلايا النسيج الضام ثابتة، وتعتبر مسؤولة عن تصنيع الألياف والمادة البينية. بينما تتجول خلايا أخرى للتخلص من حطام أنسجة تضررت من مواد خارجية، أو قد تعمل كخط دفاعٍ ضد كائنات دقيقة يمكن أن تغزو الجسم. وتجدر الإشارة إلى أن الخلايا التي سنتحدث عنها تالياً لا توجد في كل أنواع الأنسجة الضامة، إذ أن ذلك يعتمد على نوع النسيج والوظائف التي يقوم بها.

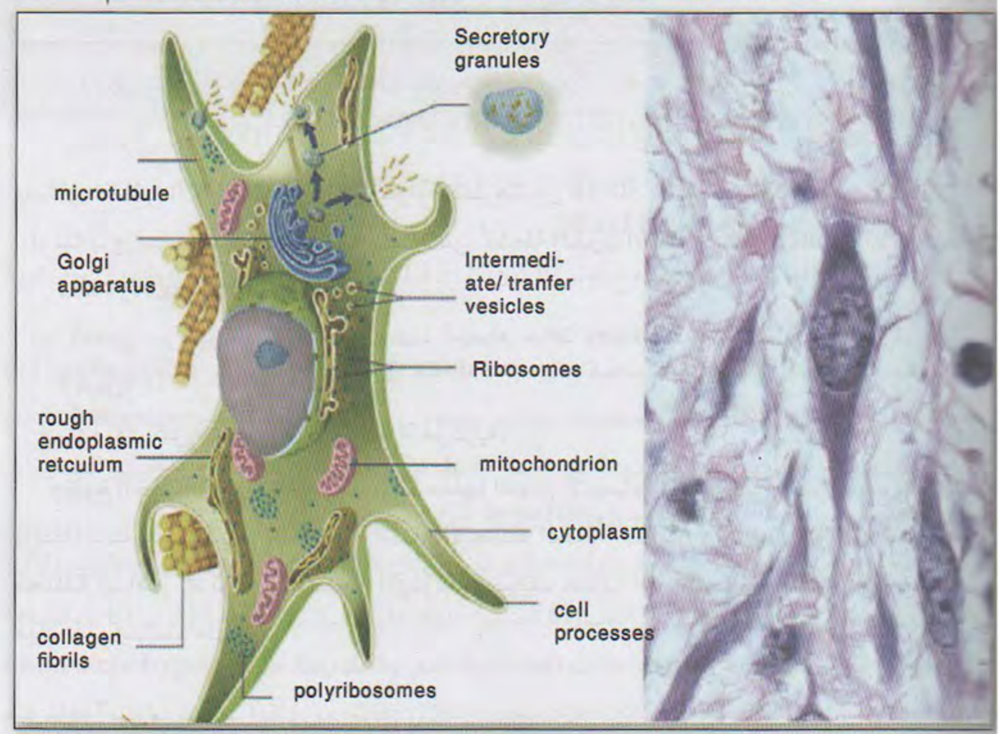
1.1.4 الخلايا الليفية Fibroblasts

هذه الخلايا هي الأكثر شيوعاً، وهي معنية بتصنيع الألياف والمادة البينية، وقد تكون هذه الخلايا نشطة جداً أو ساكنة. ويطلق على الخلايا النشطة إسم **الخلايا الليفية اليافعة fibroblasts** بينما تسمى الخلايا الساكنة بـ **الخلايا الليفية الناضجة fibrocytes**. وتمتاز الخلايا

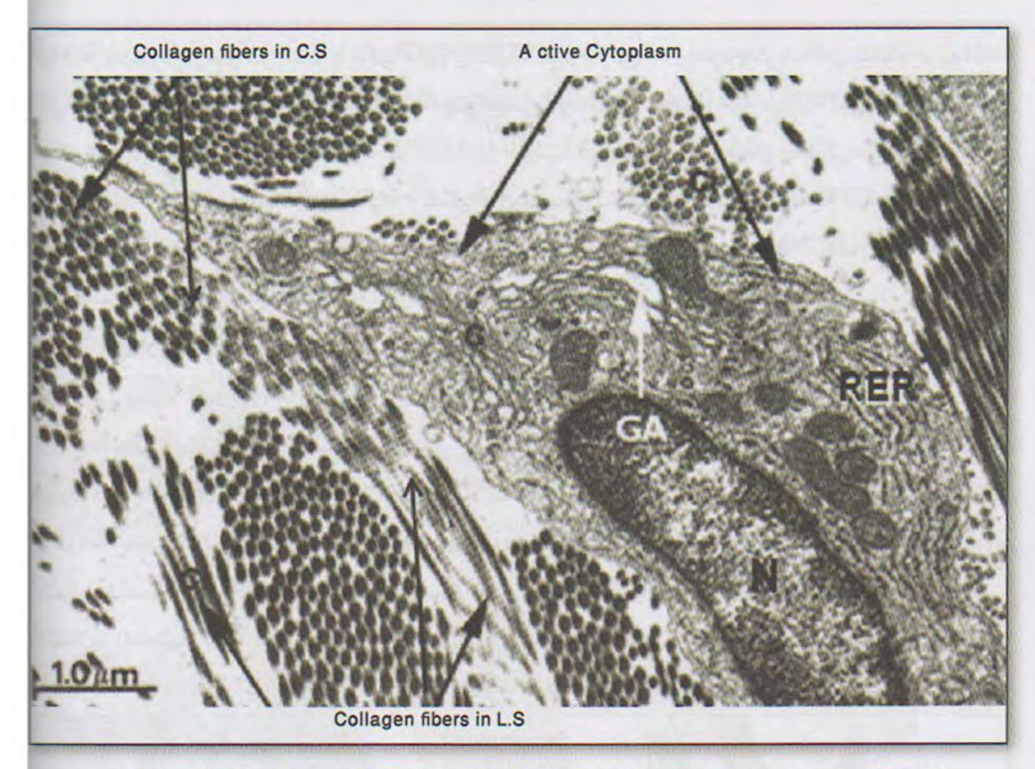
اليافعة بسيتوبلازم وافر متفرع، ولها نوى بيضوية كبيرة ونويات وافرة وكروماتين منتشر. كذلك، فإن سيتوبلازم هذه الخلايا يحتوي عدة ميتوكوندريا وشبكة إندوبلازمية خشنة كبيرة، علاوة على مركب جولجي وافر (شكل 2، 3). أما الخلايا الليفية الناضجة فلها شكل مغزلي، وبروزات قليلة ونوى داكنة وشبكة إندوبلازمية قليلة (شكل 2). ويمكن تحوّل الخلايا الناضجة الى خلايا يافعة أو إلى **خلايا ليفية عضلية يافعة myofibroblasts** عند التئام الجروح. وفي الإنسان البالغ، نادراً ما تنقسم الخلايا الليفية إلا عند تعرض الأنسجة للجروح.

2.1.4 الخلايا الأكولة الكبيرة Macrophages

تنشأ هذه الخلايا من خلايا سلفية في نخاع العظم، وتنقسم لتكوّن **خلايا أحادية monocytes** تنتشر في الدم، ثم تهاجر إلى الأنسجة الضامة حيث تنضج وتكوّن **خلايا أكولة كبيرة macrophages** ، وتتوزع الخلايا الأكولة الكبيرة في أنحاء الجسم، وتشكل **نظام الخلايا الأكولة أحادية النوى mononuclear phagocyte system**. ويطلق على هذه الخلايا الأكولة أسماء خاصة في مواقع مختلفة في الجسم، منها إسم **خلايا كوبفر Kupffer cells** في الكبد، و**الخلايا الدبقية الدقيقة microglia cells** في النسيج العصبي. وتعتبر الخلايا المفككة للعظم **osteococlasts** وكذلك **الخلايا المفككة للغضروف chondroclasts** جزءاً من هذا النظام.



(شكل 2) صورة مجهرية ضوئية لخلية ليفية ناضجة (يمين) ورسم لخلية ليفية يافعة كما تظهر في المجهر الإلكتروني (يسار)



(**شكل** 3) صورة مجهرية إلكترونية لخلية ليفية يافعة نشطة بإفراز ألياف كولاجين. لاحظ أحد أذرعها ووفرة أجسام جولجي(GA) والشبكة الإندوبلازمية(RER) والكروماتين المنتشر في النواة (N)

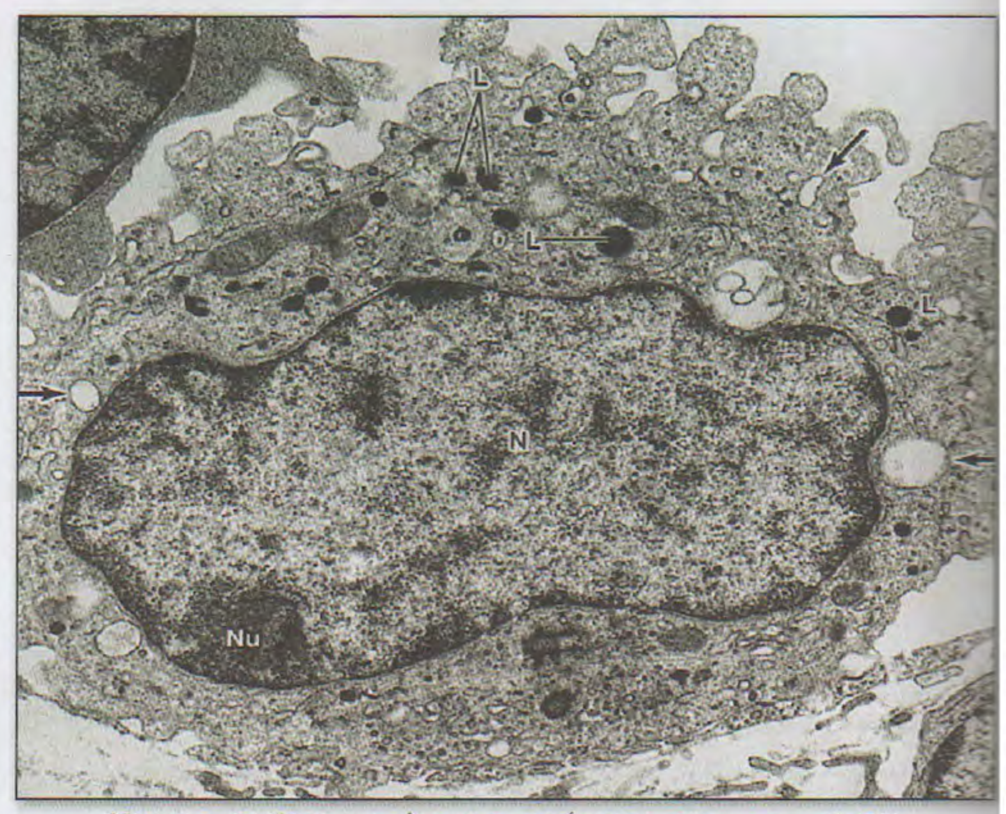
وتمتاز الخلايا الأكولة الكبيرة التي يتراوح قطرها بين 10-30 um بعدة خصائص، منها:

أ. لها بروزات عديدة، وهذه صفة معبرة عن أنشطة **الشرب الخلوي pincoytosis والأكل الخلوي phagocytosis** .

ب. تحتوي مركب جولجي وافر، وعدة **أجسام حالة lysosomes**، وشبكة إندوبلازمية بارزة (شكل4).

ج. لها نوى كلوية الشكل ذات مواقع لا مركزية.

وتقوم الخلايا الأكولة الكبيرة بوظائف منها التهام الأجسام الغريبة مثل الفيروسات والبكتيريا والفطريات وغيرها، ثم تفكيكها بواسطة الأجسام الحالّة. كذلك، فإن هذه الخلايا تفرز مواداً مختلفة تساهم في ترميم الأنسجة المهترئة، وتفكيك خلايا الدم الحمراء الهرمة وتحويلها إلى مواد خام يستفاد منها.



(**شكل 4**) صورة مجهرية إلكترونية لخلية أكولة كبيرة. لاحظ الأجسام الحالة (L) الكثيرة والنواة (N) والنوية (Nu) والأقدام الكاذبة في الجزء العلوي من الشكل

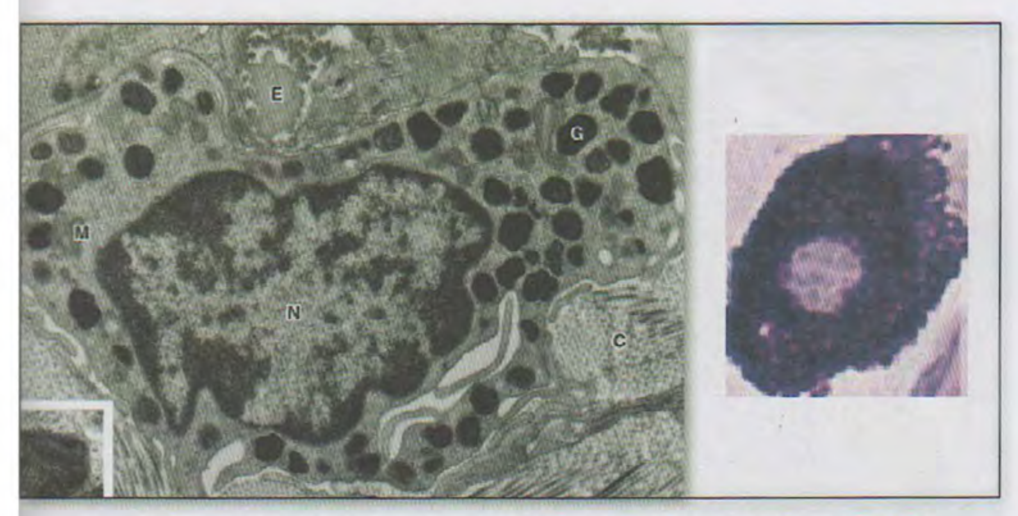
3.1.4 الخلايا الصارية Mast Cells

تتصف هذه الخلايا التي يتراوح قطرها بين10 - 13 µm والتي تكون إما بيضوية أو دائرية الشكل، بالسمات التالية:

أ. سيتوبلازم ممتلئ بـ **حبيبات محبة للقواعد basophilic granules** يتراوح قطرها بين 0.3 و 0.5 µm (شكل5)، وهي محاطة بغشاء. وتحتوي مواد مثل **هستامين histamine** الذي يؤدي زيادة إفرازه إلى انقباض العضلات الملساء في الشعيبات التنفسية وتوسيع الشعيرات الدموية وزيادة نفاذيتها، **وهيبارين heparin** الذي يمنع تخثر الدم.

ب. ميتوكوندريا قليلة العدد وصغيرة الحجم،وشبكة إندوبلازمية قصيرة ومركب جولجي وافر.

تعتبر المهمة الأساسية للخلايا الصارية تخزين المواد المعنية في الاستجابة للالتهابات، إضافة إلى إطلاق مواد كيميائية تعزز تفاعلات **الحساسية الفورية المفرطة immediate hypersensitivity reactions**، ذلك أن هذه التفاعلات تحدث خلال دقائق من دخول جسم غريب (**مولد ضد antigen**) لشخص كان قد تعرض لنفس الجسم أو لمادة مشابهة سابقاً.



(**شكل 5**) صورة مجهرية ضوئية لخلية صارية وفيها وفرة من الحبيبات (يمين)، وصورة مجهرية إلكترونية لهذه الخلية (يسار). G= حبيبات؛ M=ميتوكوندريا؛ N = نواة

4.1.4 الخلايا البلازمية Plasma Cells

توجد هذه الخلايا بوفرة في مواقع معرضة لاختراق البكتيريا والأجسام الغريبة، إضافة إلى المناطق المصابة بالتهاب مزمن. و تقوم الخلايا البلازمية بإنتاج أجسام مضادة تتفاعل مع أجسام غريبة وتبطل مفعولها. ومن المناطق الغنية بالخلايا البلازمية بطانة الأمعاء، ولهذه الخلايا صفات أهمها:

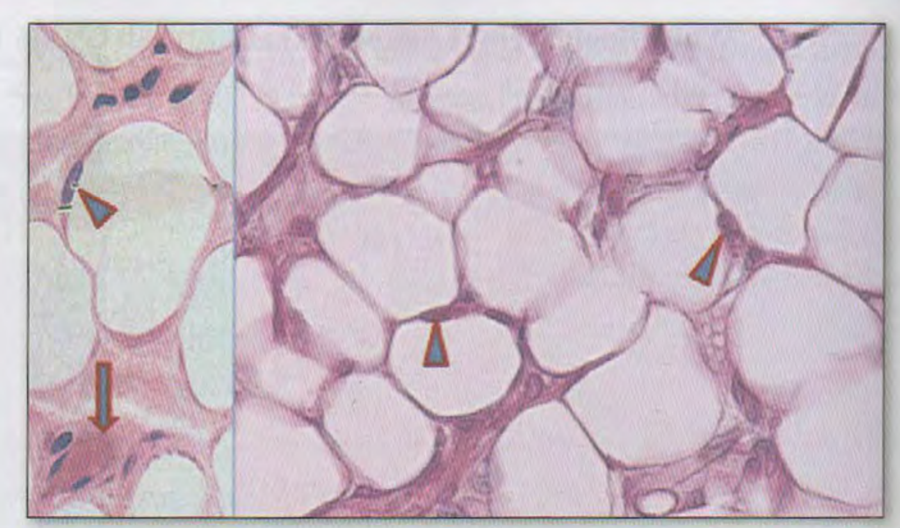
أ. شكل بيضوي وسيتوبلازم محب للقواعد، غني بشبكة إندوبلازمية خشنة.

ب. مركب جولجي قريب من نواة تحتوي كروماتين منتشر، يتعاقب مع كروماتين كثيف يتوزع على هيئة كتل تحيط بالنواة.

5.1.4 الخلايا الدهنية Adipocytes

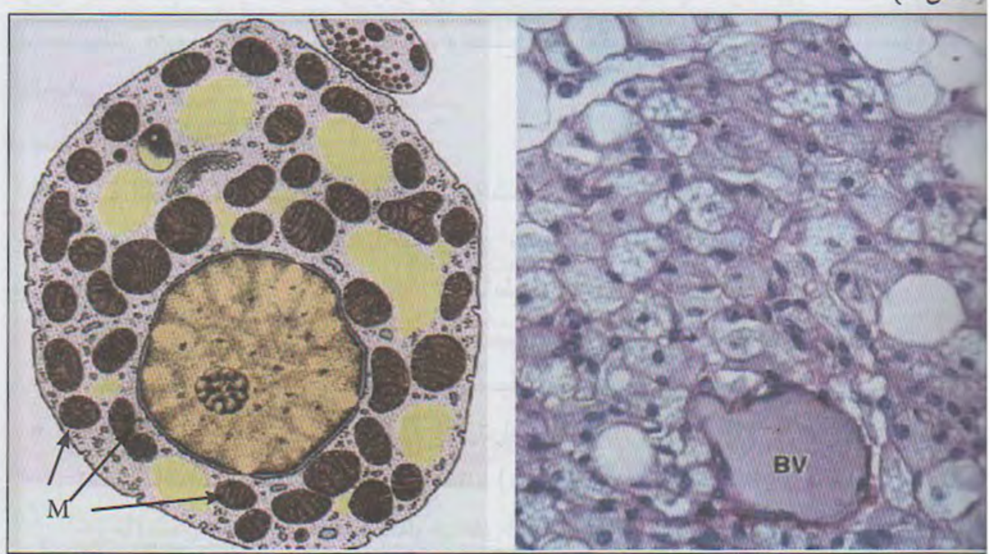
تقوم هذه الخلايا بتخزين الدهون وإنتاج الطاقة، وتنشأ من خلايا ميزنشيمية تتحول إلى **خلايا دهنية يافعة lipoblasts** تحتوي **قطيرات دهنية fat droplets** لا تحاط بأغشية (شكل 6). وقد تندمج هذه القطيرات لتشكل قطيرة واحدة كبيرة تدفع بالنواة إلى حافة السيتوبلازم، لتشكل عندئذ خلية دهنية **أحادية الحجيرة unilocualr** (شكل 6)، أو قد تكون هذه القطيرات أكبر حجماً لتشكل خلية دهنية **متعددة الحجيرات multilocular**.

وفي الإنسان البالغ يتكون معظم النسيج الدهني من **خلايا أحادية الحجيرة unilocular**. وفي هذا النسيج تكون الخلايا كروية الشكل ذات قطر يتراوح بين 15 و µm50. ونظراً لأن الكحول والزايلين يزيلان الدهون من النسيج الدهني أثناء تحضير شرائح منه، فإن خلاياه تبدو كحلقة سيتوبلازمية تحيط بتجويف خال من المادة الدهنية (شكل6).



(شكل 6) صورة مجهرة ضوئية لخلايا نسيج دهني أحادية الحجيرات (يمين)، وخلية دهنية يوجد بينها و بين خلايا دهنية مجاورة وعاء دموي (سهم، تحت يسار). تبين رؤوس الأسهم نوى خلايا دهنية.

وفي الجنين والوليد تكون خلايا النسيج الدهني متعددة الحجيرات، ويشكل هذا النسيج **الدهن البني brown fat**، وفيه وفرة من الأوعية الدموية والخلايا الغنية بالميتوكوندريا **والسيتوكرومات cytochromes**. ولخلايا هذا النسيج نوى مركزية ووفرة من قطيرات الدهن متعددة الأحجام (شكل 7).



(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية لخلايا نسيج دهني بني متعددة الحجيرات (يمين). لاحظ النوى المركزية والحجيرات المتعددة في الخلايا. وإلى اليسار، رسم يبين تركيب هذه الخلايا كما تظهر في المجهر الإلكتروني. لاحظ وفرة الميتوكوندريا و الحجيرات الدهنية بلون أصفر. BV= وعاء دموي = M = ميتوكونديا

6.1.4 خلايا الدم البيضاء (White Boold Cells (Leukocytes

كثيراً ما توجد خلايا الدم البيضاء في النسيج الضام، ذلك أنها تعبر بين الخلايا المبطنة للشعيرات والوريدات من خلال **عملية إنسلال diapedesis**، وتزداد أعدادها في الأنسجة الملتهبة. ومما يجدر ذكره أن هذه الخلايا لا تعود إلى مجرى الدم بل تبقى متجولة في النسيج الضام. وكما سنبين عند دراستنا أنواع خلايا الدم البيضاء في فصل لاحق، فإن الوظيفة الدفاعية لهذه الخلايا تتمثل باحتوائها أعدادا كبيرة من الحبيبات المحتوية **أجساما حالة lysosomes** التي تفكك الأجسام الغريبة عند دخولها الجسم.

2.4 الألياف الضامة

الألياف الضامة هي مبلمرات بروتينية طويلة ونحيفة توجد بنسب متفاوتة في الأنسجة الضامة المختلفة. وتقسم هذه الألياف إلى ثلاثة أنواع هي: **كولاجين collagen**، **ومرنة elastic**، **وشبكية reticular** . وتتشكل الألياف الكولاجنيية والشبكية من البروتين كولاجين، بينما تتألف الألياف المرنة من **البروتين إلاستين elastin**. وفي كل الحالات، تتكون مولدات هذه الألياف في الخلايا الليفية ثم تطلق إلى خارجها، وهذا ما سنشير إليه لاحقاً. وسنعالج فيما يلي أنواع هذه الألياف.

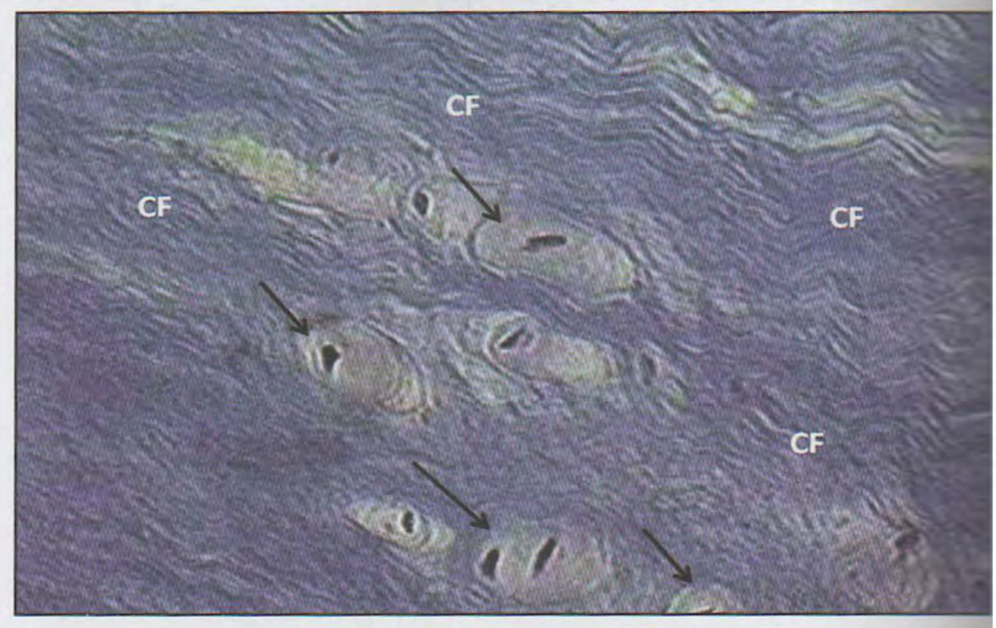
1.2.4 ألياف كولاجين Collagen Fibers

تنتشر هذه الألياف بوفرة في جسم الإنسان، ويشكل بروتينها (كولاجين) حوالي 30% من الوزن الجاف للجسم. ولألياف كولاجين لون أبيض عندما تنتظم في حزم كبيرة، كما في الأوتار، ولذلك يطلق عليها إسم الألياف البيضاء. وتصنع هذه الألياف من خلايا ليفية أو غضروفية أو عظمية.

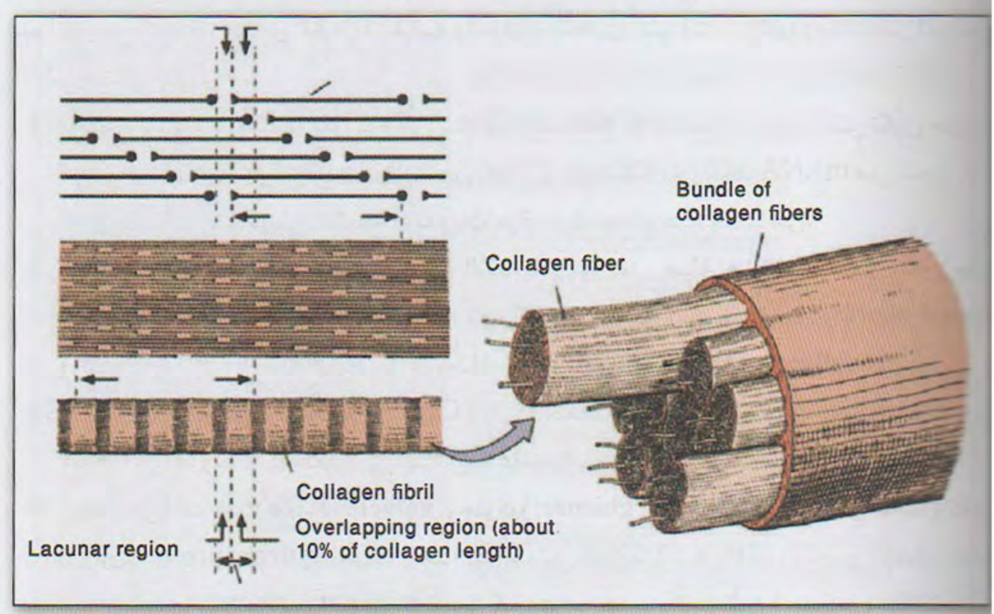
أ. سمات ألياف كولاجين

- عدم القابلية للتمدد حيث أن لها مقاومة شد أكثر من الفولاذ.
- تظهر بمسارات متعرجة، وهذا ما يجعل دراستها في تحضيرات مجهرية كاملة، مثل **المساريقا mesentery** ، أفضل من دراستها في مقاطع من أنسجة ضامة (شكل 8).
- لها قطر يتراوح بين 1-20 μm، وطولها غير محدد.
- تظهر بلون وردي عند صبغ التحضير بصبغة **إيوسين eosin**.
- تتكون من **لييفات fibrils** متراصة، يتراوح قطرها بين 20-90 nm. ولهذه اللييفات تخطيطات عرضية تتكرر كل 64 nm، (شكل 8) وقد تنتظم الليفات لتشكل أليافاً أو حزماً (شكل 9). ويعتمد هذا التكرار على التنظيم المتداخل لجزيئات **تروبوكولاجين tro-pocollagen** التي تشكل وحدات تركيب لليفات.
- تنتظم على هيئة حزم قد تكون فيها الألياف متوازية، كما في **الأنسجة الضامة الكثيفة**

المنتظمة dense regular connective tissue أو مبعثرة، كما في الأنسجة الضامة الرخوة areolar (loose) connective tissues.



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لألياف كولاجين.



(شكل 9) رسم لتنظيم جزيئات كولاجين على هيئة لييفات أو ألياف أو حزم

2 تتكون ألياف كولاجين من عدة أنواع من البروتين كولاجين، وبينت البحوث بأنه يمكن تصنيع هذه البروتينات في أنواع خلوية مختلفة وذلك كما يتضح من الجدول التالي:

جدول (1): مصادر تكوين أنواع كولاجين و تركيبها ووظائفها

نوع الكولاجين	الخلية المصنعة	مكان وجوده	التركيب الدقيق	الوظيفة
I	الليفية، العظمية، الغضروفية، العاجية	أدمة الجلد؛ الأوتار، العظم؛ الغضروف الليفي؛ العاج؛ الأذن والعين	لييفات محزّمة بكثافة لتكوين ألياف	مقاومة الشد والتوتر.
II	الخلايا الغضروفية	الغضروف الزجاجي والغضروف المرن	تكون اللييفات مطمورة في المادة الأرضية	مقاومة الضغط المتقطع
III	الخلايا الليفية والعضلية والشبكية وخلايا شفان والكبد	العضل الأملس وأغشية الألياف العصبية؛ الشرايين والرحم والكبد	لييفات رخوة لها أقطار متجانسة	دعم التراكيب التي تتعرض للتمدد.
IV	الأنسجة الطلائية؛ الأوعية الدموية؛ خلايا شفان	الصفائح القاعدية للأنسجة الطلائية والعضلية وبطانة الأوعية الدموية	لا تظهر لييفات أو ألياف	الدعامة والترشيح

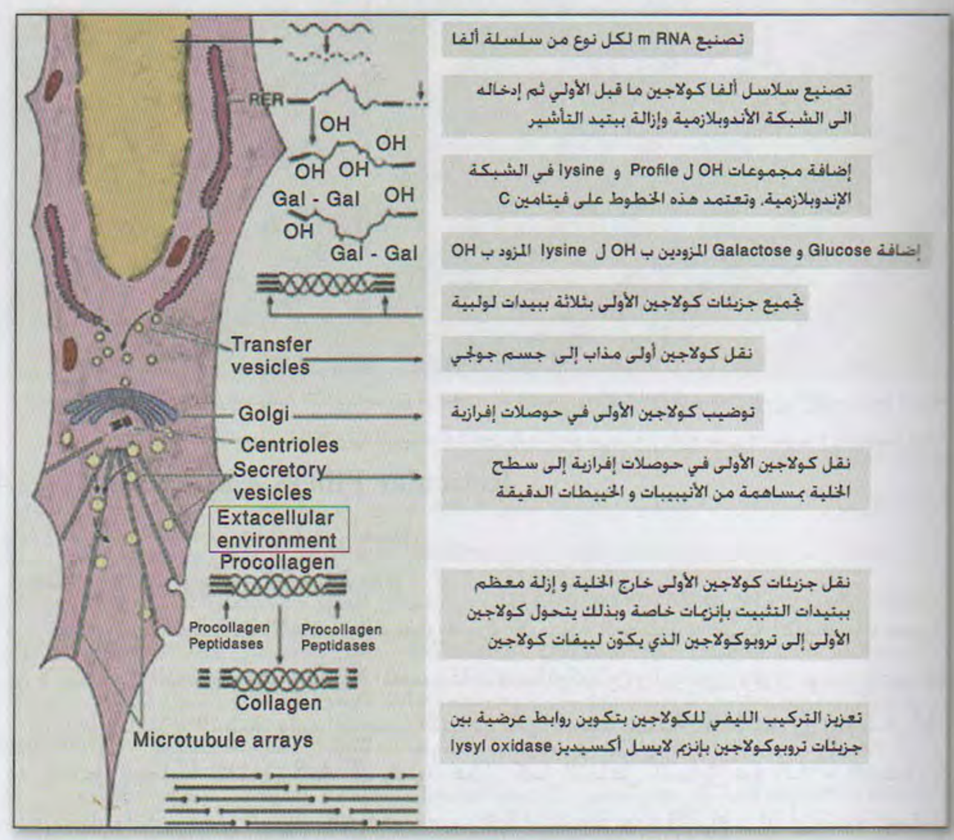
ب. تصنيع ألياف الكولاجين

يبدأ تصنيع كولاجين داخل الخلايا الليفية والخلايا الأخرى التي أشرنا إليها وذلك عبر المراحل التالية (شكل 10).

1. تصنيع جزيء mRNA لكل نوع من سلاسل ألفا الثلاثة المتعددة الببتيد التي تكوّن جزيء كولاجين (اثنتان من نوع ألفا 1 وثالثة من الفا 2)، ثم انتقال جزيئات mRNA من النواة إلى الريبوسومات على سطح الشبكة الأندوبلازمية حيث تصنع هذه السلاسل.
2. إدخال السلاسل المذكورة إلى الشبكة الإندوبلازمية على هيئة جزيئات **ما قبل الكولاجين الأولي preprocollagen molecules**، ثم يلي ذلك إزالة **الببتيد المؤشر signal peptide** (الذي يحدد إدخال تلك السلاسل)، وبذلك يتكون **الكولاجين الأولي procollagen**.
3. إضافة مجموعات هيدروكسيل (OH-) إلى الحمضين الأمينيين **برولين proline** و**لايسين lysine** حيثما وجدا في متعدد الببتيد، ويتم ذلك في الشبكة الإندوبلازمية (شكل 10).
4. ربط جزيئات **جالاكتوز galactose** و**جلوكوز glucose** إلى الحمض الأميني **هايدروكسي برولين hydroxyproline** حيثما وجدا في متعدد الببتيد (شكل 10)، وتجدر الإشارة هنا إلى أن أنواعاً مختلفة من الكولاجين تحمل كميات من هذين الجزيئين (جلوكوز وجالاكتوز).
5. تجميع سلاسل ألفا متعددة الببيتيد الثلاثة على هيئة لولب ثلاثي. وبمراجعة الشكل 10 يتبين

أن لكل سلسلة ألفا مجموعة ببيتدات زائدة عند طرفي السلسلة (أي طرفي NH- وCOOH-) وتسمى هذه الزوائد بـ **ببتيدات التنسيق registration peptides**. ويرجح أن لهذه الزوائد دوراً في منع ترسب جزيئات الكولاجين الأولي على هيئة لييفات كولاجين داخل الخلايا.

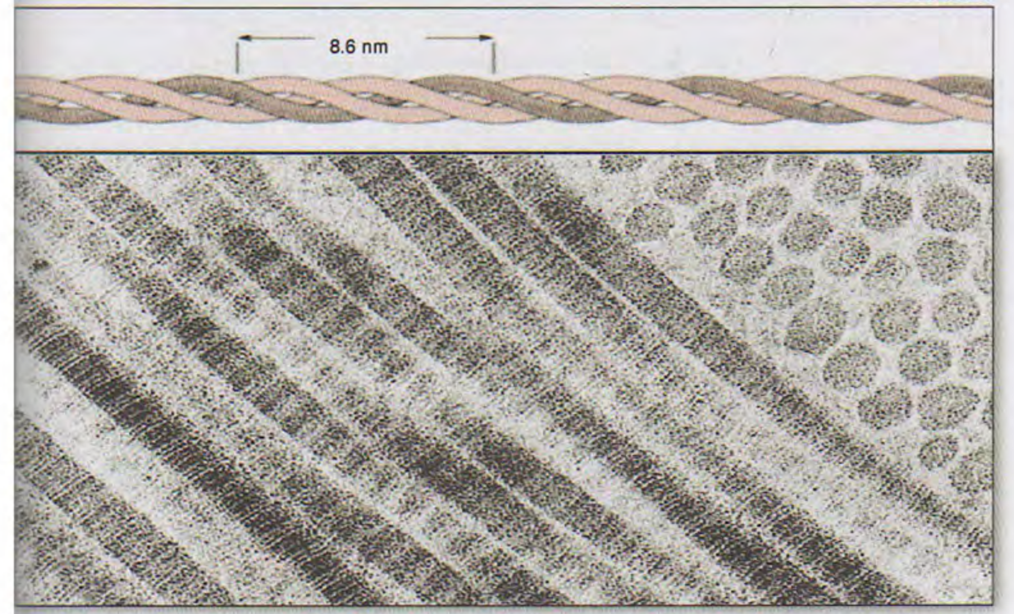
6. نقل جزيئات كولاجين الأولي إلى حوصلات إفرازية في مركب جولجي حيث يتم رزمها ثم تحريكها بمساعدة الأنيبيبات الدقيقة والخييطات الدقيقة إلى سطح الخلية الليفية (شكل 10).
7. إخراج جزيئات كولاجين الأولي من الخلايا الليفية إلى الحيز بين الخلايا، حيث تزال معظم ببتيدات التنسيق غير اللولبية بفعل إنزيمات خاصة، لتتحول بذلك جزيئات كولاجين الأولي إلى جزيئات **تروبرو كولاجين tropocollagen** المترسب (شكل 10).
8. تجميع تروبو كولاجين على هيئة لييفات كولاجين (شكل 10)، ولهذه اللييفات قطر يتراوح بين 20-90 nm، كما أن لها تخطيطات عرضية تتكرر كل 64 nm (شكل 11).
9. تقوية تركيب الليفات بروابط تساهمية بين جزيئات تربوكولاجين.



(**شكل** 10) رسم يبين مراحل تصنيع جزيئات كولاجين

10. تجميع اللييفات في جزيئات كولاجين من نوعي I وIII لتكوّن أليافاً ومن ثم حزماً. أما في كولاجين من نوع II (كما في الغضروف)، فتبقى اللييفات كما هي دون تجمعها بشكل ألياف.

وكما هو متوقع، فإن أي خلل في المراحل التي ذكرت يؤدي إلى أمراض مختلفة مثل تمزق الأبهر، والأمعاء الدقيقة ومقلة العين، وعدم كفاءة عضلات القلب وتفكك العظم، ويؤدي تكديس ألياف كولاجين في عضو ما إلى **حالة تصلب sclerosis**، كما قد يحدث في الجلد والكلية والأنبوب الهضمي والعضلات، الأمر الذي يقلل من مرونة الأعضاء المذكورة. وإذا وجدت ألياف كولاجين بكميات كثيرة جداً، كما يحدث في جلود السكان السود والأفارقة، تنشأ انتفاخات جلدية تسمى الجدرة **keloid.**



(**شكل** 11) فوق: السلاسل الببتيدية الثلاث لجزيئ كولاجين، اثنتان من نوع ألفا 1 وتظهر بلون فاتح وثالثة من الفا 2 و تظهر بلون داكن؛ تحت: صورة مجهرية إلكترونية لليفات كولاجين في مقاطع عرضية (زاوية يمنى) وطولية (زاوية يسرى)

2.2.4 الألياف الشبكية Reticular Fibers

لهذه الألياف خصائص عديدة من أهمها:

أ. قطر دقيق يتراوح بين 0.5 و 2.0 µm.

ب. تكوين شبكة ليفية في الأعضاء الليمفاوية وفي الأنسجة العضلية وأغشية الألياف العصبية.

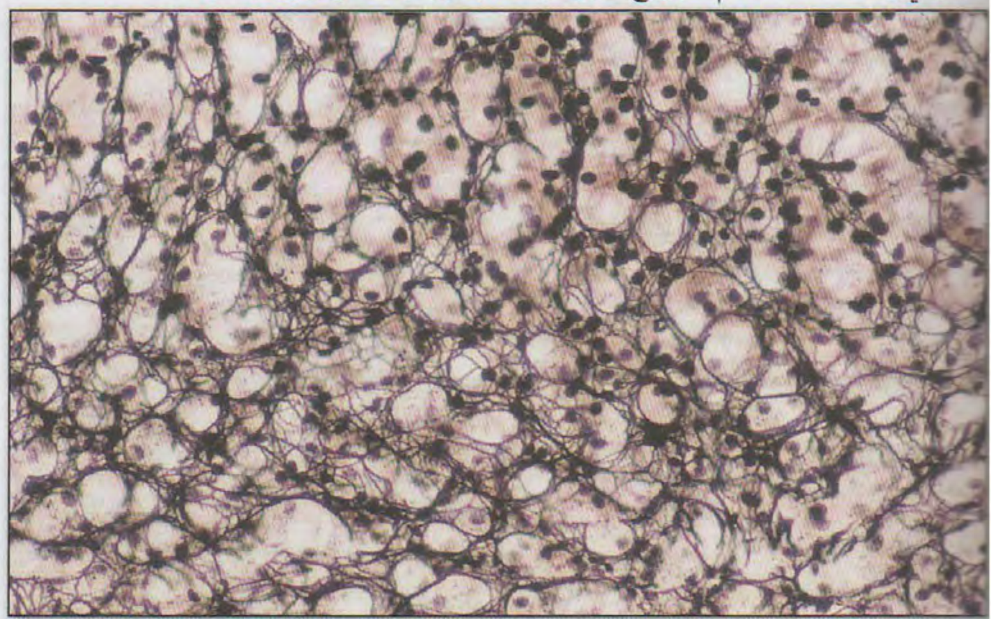
ج. لا تظهر في التحضيرات المجهرية المصبوغة بـ هيماتوكسلين و أيوسين، وترى بوضوح عند صبغ المقاطع بأملاح الفضة، ولهذا توصف الألياف بأنها **محبة للفضة argyrophilic** (شكل12).

د. تتفاعل إيجابياً بتفاعل P.A.S، ويعود هذا، كما التفاعل السابق مع أملاح الفضة، إلى الكميات الكبيرة من البروتينات الكربوهيدراتية المرتبطة بهذه الألياف، إذ أن نسبة **السكريات**

السداسية hexoses تتراوح بنين 6 % و 12 % في الألياف الشبكية مقارنة بـ 1% في ألياف كولاجين.

هـ. تتشكل من كولاجين نوع III (مقارنة بنوع I في ألياف كولاجين) الذي يرتبط مع أنواع أخرى من كولاجين ومع بروتينات كربوهيدراتية وكربوهيدرات بروتينية.

وتجدر الإشارة إلى أن معظم الأنسجة الضامة تحتوي وفرة من الألياف الشبكية أثناء التكوين الجنيني وكذلك عند التئام الجروح، غير أنها تستبدل بألياف كولاجين فيما بعد.



(**شكل** 12) صورة مجهرية ضوئية لألياف شبكية في الطحال

3.2.4 الألياف المرنة Elastic Fibers

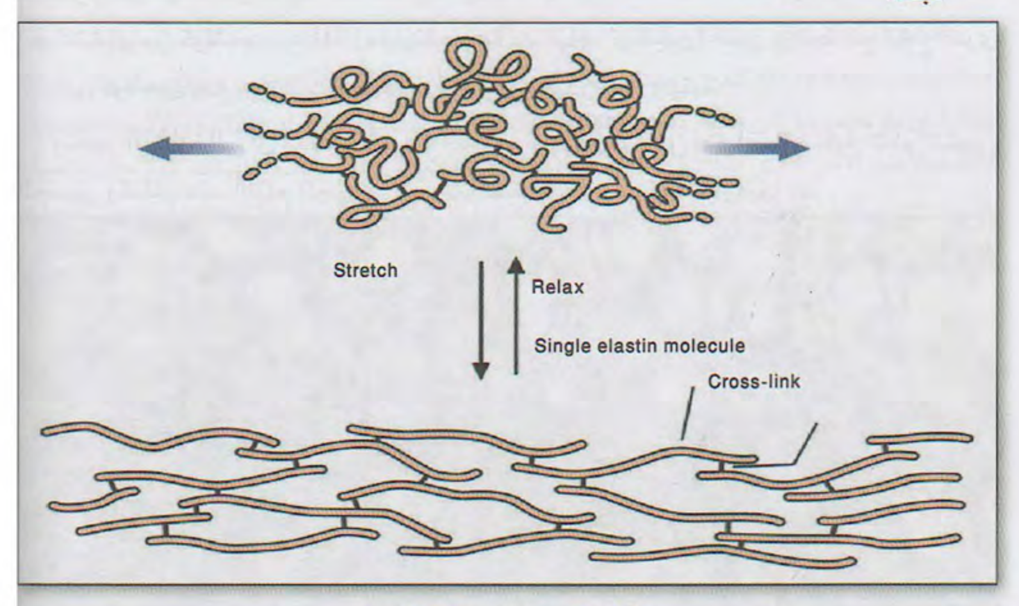
تتصف هذه الألياف بالسمات التالية:

أ. تتشكل من البروتين الكربوهيدراتي **الاستين elastin** ذي المرونة العالية. ويحتوي هذا البروتين نسبة عالية من **جلايسين glycine** و**برولين proline** كما في جزيء كولاجين، غير أنها تحتوي **هايدروكسي برولين hydroxyproline** أقل. ويعتقد أن الصفة المطاطية لجزيء الاستين تعود لوجود مركبين أمينيّين هما **دسموسين desmosine** و**مثيل دسموسين isodesmosine** اللذين يتكونان نتيجة تفاعلات تساهمية بين أربع مجموعات **لايسين lysine** (شكل 13).

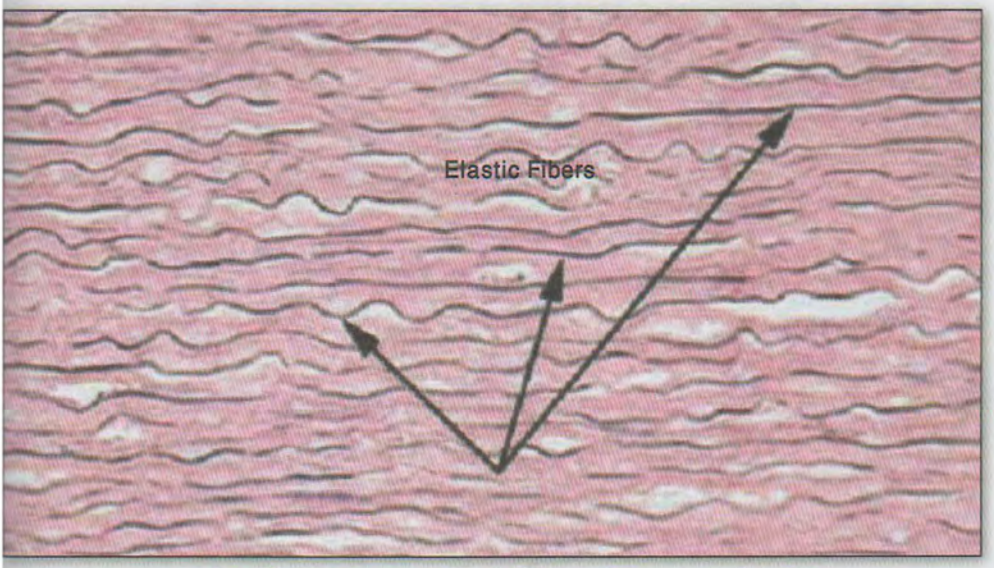
ب. توجد في الأنسجة إما فرادى، أو على هيئة طبقات تشكل **أغشية مثقبة fenestrated membranes**، كما في جدر بعض الأوعية الدموية، وخاصة الشرايين الكبيرة كالأبهر.

ج. لا تظهر بالتحضيرات المجهرية الضوئية إلاّ عند صبغها بمادة **أورسين orcein** (شكل 14).

د. تقل مرونتها بتقدم السن، ونتيجة لذلك تنشأ مواقع تكلس في الشرايين، كما تتناقص مرونة الجلد.



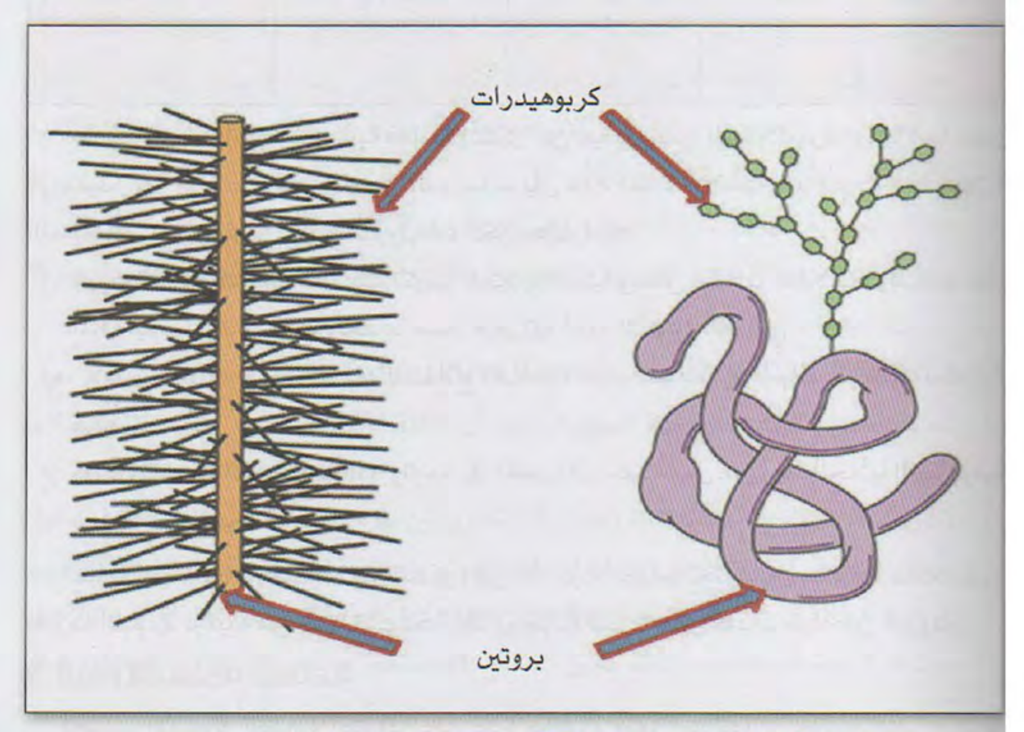
(**شكل** 13) ترابط جزيئات الإلاستين



(**شكل** 14) صورة مجهرية ضوئية للألياف المرنة كما تظهر في جدار الأبهر aorta

3.4 المادة الأرضية Ground Substance

تتشكل هذه المادة من معقد **بروتينات كربوهيدراتية glycoproteins** و**كربوهيدرات بروتينية proteoglycans** يملأ الحيز بين خلايا وألياف الأنسجة الضامة، ويساهم بالتالي بربطها مع بعض. وتعمل هذه المادة اللزجة كملينّ وكحاجز يمنع اختراق الأجسام الغريبة للأنسجة الضامة. تتكوّن الكربوهيدرات البروتينية من **لب بروتيني protein core** طويل يرتبط بكربوهيدرات تدعى **جلايكوز أمينو جلايكانز glycosaminoglycans**، تماماً مثل فرشاة أنبوب اختبار (شكل 15). وهذه الكربوهيدرات هي سكريات متعددة مستقيمة تتشكل من سكريات ثنائية متكررة، عادة ما تتكون من **حمض يُرونك uronic acid** و**هكسوز أمين hexosamine**. وتبلغ نسبة الكربوهيدرات في هذه المادة الأرضية حوالي 90%. و يظهر الجدول 2 أنواع جلايكوز أمينو جلايكانز الرئيسة من حيث تركيبها وتوزيعها وتفاعلها مع كولاجين.



(**شكل 15**) التنظيم الجزيئي في المادة الأرضية للنسج الضام. البروتين الكربوهيدراتي (يمين) والكربوهيدرات البروتيني (يسار)

جدول (2): أنواع جلايكوز أمينو جلايكانز: التركيب والتوزيع والتفاعل مع كولاجين

النوع	السكريات الثنائية المتكررة		التوزيع	التفاعل مع كولاجين
	حمض يورونيك	هكسوز آمين		
حمض هيالورنيك hyaluronic acid	حمض جلوكورونيك D.glucoronic acid	جلوكوز أمين D.gluocamine	الحبل السري؛ الغضروف	غير معروف
4. سلفات كوندروبتين chondroitin sulfate	حمض جلوكورونيك D.glucoronic acid	جالاكتوزامين D. galactosamine	العظم، الجلد الغضروف؛	تفاعل مع كولاجين II
سلفات درماتان demratan sulfate	حمض إديورونك L. idioronic acid	جالاكتوزامين D. galactosamine	الأبهر والجلد والأوتار	تفاعل قليل مع كولاجين I
سلفات هيباران heparan sulfate	حمض جلوكورونك D.glucoronic acid	جالاكتوزامين D. galactosamine	الأبهر والرئة والكبد	تفاعل معتدل مع كولاجي IV III

أما البروتينات الكربوهيدراتية، فإنها تتشكل من لب بروتيني بنسبة كبيرة، وكثيراً ما تكون كربوهيدراتها متفرعة. وقد أظهرت الدراسات بأن هذه المادة الأرضية تساهم في ربط خلايا النسيج الضام بمحيطها، وأهم البروتينات الكربوهيدراتية:

أ. **فايبرونكتين fibronectin**: التي تكونها الخلايا الليفية وبعض الخلايا الطلائية، وتساهم هذه المادة في تماسك الخلايا وتحديد مسار هجرتها أثناء التكوين الجنيني.

ب. **لامنين laminin**، وتوجد في الصفائح القاعدية حيث تساهم في ارتباط الخلايا الطلائية بهذه الصفائح.

ج. **كوندرونكتين chondronectin**، وتوجد في الغضروف، حيث تعمل على ربط الخلايا الغضروفية بجزيئات كولاجين II.

إضافة إلى المادة الأرضية عديمة الشكل، فإن الأنسجة الضامة تحتوي بين خلاياها سائلاً يشبه بلازما الدم في تركيبه من حيث الأيونات، وقد يوجد في هذا السائل كميات قليلة من البروتين.

5. أنواع الأنسجة الضامة

تصنف الأنسجة الضامة اعتماداً على عدة معايير، منها أصالتها أو خصوصيتها، وكثافة الألياف وتوزيعها، ويختلف تصنيف هذه الأنسجة من مرجع إلى آخر، وهنا سنأخذ بالتصنيف التالي:

أ. **الأنسجة الضامة الأصيلة connective tissue proper**، وتشمل **الأنسجة الفجوية areolar** **والكثيفة dense**.

ب. الأنسجة الضامة ذات الصفات الخاصة **connective tissues with special features** ومنها الأنسجة الدهنية **adipose**، والمرنة **elastic**، والمخاطية **mucous** واللمفاوية **lymphatic**.

ج. الأنسجة الضامة الداعمة **supportive connective tissues**، وتشمل الغضروف **cartilage** والعظم **bone**.

1.5 الأنسجة الضامة الأصيلة

سميت هذه الأنسجة بالأصيلة لأن المكونات الأساسية للأنسجة الضامة (خلايا وألياف ومادة أرضية طرية) تتبدى فيها بوضوح. كذلك، فإن هذه الأنسجة تقوم بالوظائف الأساسية التي أشرنا إليها آنفاً، كالربط والدفاع. ومن هذه الأنسجة نوعين: الفجوية والكثيفة.

1.1.5 الأنسجة الضامة الفجوية Areolar (loose) Connective Tissues

هذا النوع هو الأكثر شيوعاً بين الأنسجة الضامة الأصيلة، ويتصف بالسمات التالية:

أ. يحتوي معظم مكونات الأنسجة الضامة من ألياف وخلايا ومادة أرضية، والألياف الأكثر وفرة هي ألياف كولاجين، بينما تكون الألياف الشبكية قليلة. أما بالنسبة للخلايا، فإن الليفية والأكولة هي الأكثر شيوعاً (شكل 16).

ب. مادته الأرضية كثيرة وعديمة الشكل، وهي طرية وغنية بالأوعية الدموية.

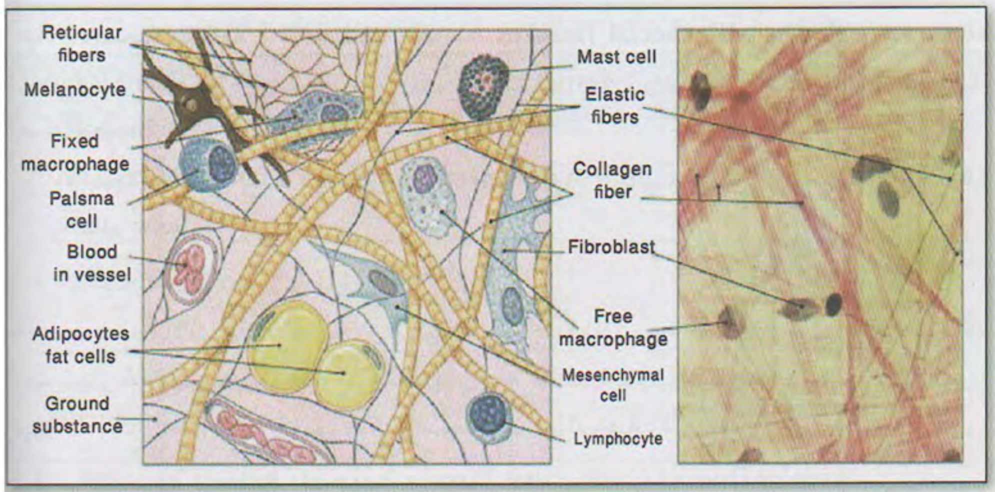
ج. تملأ الحيزات بين الألياف العضلية والعصبية، وتغلف الأوعية اللمفاوية والدموية، وتوجد في المساريقا تحت بشرة الجلد.

2.1.5 الأنسجة الضامة الكثيفة Dense Connective Tissues

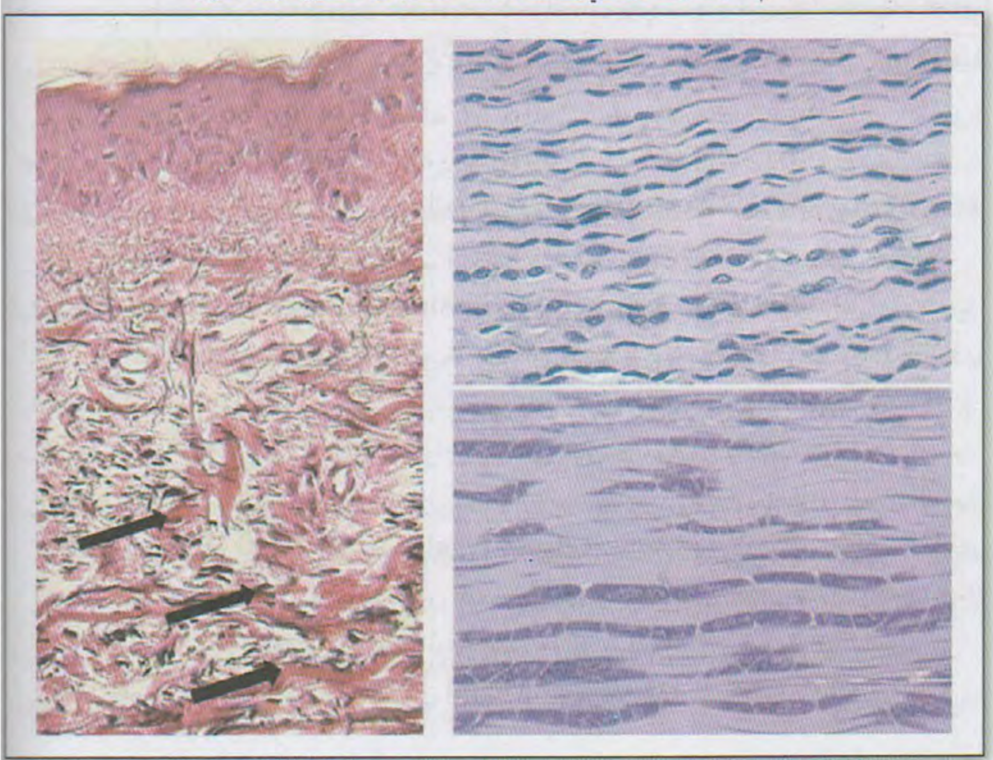
أ. تحتوي نفس مكونات الأنسجة الفجوية، غير أن كثافة الكولاجين فيها أكثر وعدد الخلايا أقل.

ب. تكون ألياف كولاجين إما منتظمة (متوازية) تحتوي بين حزمها خلايا ليفية مسطحة ذات نوى بيضوية طويلة، كما في الأوتار، وذلك استجابة لتوتر طويل يبذل في اتجاهين، ويسمى النسيج في هذه الحالة بـ **الكثيف المنتظم dense regular** (شكل 17)، وقد تكون ألياف كولاجين مبعثرة في عدة اتجاهات، وبذلك يتكون النسيج **الكثيف غير منتظم dense irregular** (شكل 17). وبهذه الحالة يتحمل النسيج مقاومة الشد من عدة اتجاهات، كما في أدمة الجلد.

ج. تكون مادته الأرضية قليلة، وبذلك فإن أوعيته الدموية أقل مقارنة بالأنسجة الفجوية.



(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية لنسيج ضام فجوي (رخو) (يمين). ورسم لنسيج ضام رخو وتظهر معظم الألياف والخلايا التي يصعب ملاحظة معظمها في تحضير شريحة ضوئية



(**شكل** 17) صورة بالمجهر الضوئي لنسيج ضام كثيف منتظم (يمين) في مقطع طولي لجزء من وتر. لاحظ نوى الخلايا الليفية البيضاوية الشكل والداكنة، وبينها حزم من ألياف كولاجين وتظهر بلون باهت؛ نسيج ضام كثيف غير منتظم (يسار) في أدمة الجلد، و تشير الأسهم إلى ألياف كولاجين

2.5 الأنسجة الضامة ذات الصفات الخاصة

يشمل هذا النوع من الأنسجة الضامة كلا من الغضروف والعظم والدم، وسنعالج هذه الأنواع الخاصة في الفصول القادمة. كذلك، يشمل هذا النوع الأنسجة المرنة والمخاطية والدهنية.

1.2.5 الأنسجة المرنة Elastic Tissues

تتشكل هذه الأنسجة من حزم من الألياف المرنة الكثيفة والمتوازية، ويشغل الحيز بين هذه الحزم ألياف كولاجين وخلايا ليفية مسطحة. وبسبب كثافة الألياف المرنة في هذه الأنسجة فإنها تكتسب لوناً أصفر ومرونة كبيرة، ويقتصر وجود هذه الأنسجة على مواقع نادرة، مثل الأربطة الصفراء للعمود الفقاري والرباط المعلق للقضيب.

2.2.5 الأنسجة المخاطية Mucous Tissues

لهذه الأنسجة وفرة من مادة أرضية عديمة الشكل تتكون بشكل رئيسي من حمض هاليورونيك. وهذه الأنسجة هلامية القوام تحتوي ألياف كولاجين وبعض الألياف المرنة وخلايا ليفية، وتوجد هذه الأنسجة في الأجنة، خاصة في **الحبل السري umbilical cord** وفي لب الأسنان.

3.2.5 الأنسجة الدهنية Adipose Tissues

تتكون هذه الأنسجة بشكل رئيسي من خلايا دهنية لها ارتباط وثيق بالأوعية الدموية، ويمثل الدهن في الخلايا مخزوناً من السعرات الحرارية التي تزيد عن حاجة الجسم، ويحتوي جسم الإنسان نوعين من هذه الأنسجة، هما: **الدهني الأبيض white adipose** (أو وحيد الحجيرة) و**الدهني البني brown adipose** (أو متعدد الحجيرات).

يوجد النسيج الدهني البنّي بكثافة أثناء التكوين الجنيني ولكنه يتناقص بعد الولادة. أما النسيج الدهني الأبيض، الذي يوجد أيضاً في مراحل تكوين الجنين، فإنه يبقى في الإنسان البالغ. ومن أهم أماكن وجود هذا النسيج محيط الكلية وتحت الجلد ونخاع العظم، وأخمص القدمين، والأرداف، وراحة اليدين. وفي معظم هذه الأماكن يعمل هذا النسيج الدهني كماص للصدمات وكمصدر للطاقة وكعازل للحرارة.

الفصل الثالث

3 الغضروف
Cartilage

3

ذكرنا في الفصل السابق أن الغضروف هو أحد أنواع الأنسجة الضامة الخاصة، حيث تكون مادته الأرضية شبه صلبة وتحتوي كربوهيدرات بروتينية وجلايكوز أمينو جلايكانز، إضافة إلى ألياف كولاجين وألياف مرنة تتماسك مع تلك الجزيئات. وكما سنلاحظ لاحقاً، فإن نوع الألياف في هذه الأنسجة سيعتمد كمعيار لتصنيفها إلى عدة أنواع.

1. صفات الأنسجة الغضروفية

أ. تتكون من **خلايا غضروفية chondrocytes** تصنّع المادة البينية، وتتموضع هذه الخلايا داخل فجوات تدعى **فرجات lacunae** تحاط بـ **محافظ capsules** غنية بمادة جلايكوز أمينو جلايكانز وموجبة لتفاعل P.A.S.

ب. تحتوي المادة البينية كولاجين وكربوهيدرات بروتينية وبروتينات كربوهيدراتية وحمض هيالورنيك. ويحتوي الغضروف المرن كميات كبيرة من البروتين الاستين.

ج. لها قوام هلامي، ويعتمد ذلك على الروابط بين ألياف كولاجين وسلاسل جولايكوز أمينو جلايكانز في الكربوهيدرات البروتينية، وكذلك على التفاعل بين الماء وتلك السلاسل.

د. لا تحتوي أية أوعية دموية، وتعتمد في تغذيتها إما على انتشار المواد من شعيرات الأنسجة الضامة المجاورة، أو على السائل الهلامي في تجاويف المفاصل. ونتيجة لذلك، لا تتصف الخلايا الغضروفية بنشاط أيضي كبير.

هـ. تحاط بنسيج ضام كثيف يدعى **محيط الغضروف perichondrium** (شكل 1)، وهذا المحيط غني بالأوعية الدموية، ويقوم بتزويد النسيج الغضروفي بالمواد الغذائية، كما يعمل كمصدر لـ **الخلايا الغضروفية اليافعة chondroblasts** التي تلزم لنمو الغضروف.

2. وظائف الأنسجة الغضروفية

أ. دعامة الأنسجة الطرية.

ب. تسهيل حركة العظام حيث يعمل الغضروف كماص للصدمات وكمنطقة انزلاق في المفاصل.

ج. المساهمة في تكوين ونمو العظم أثناء الحمل وبعده.

3. منشأ الأنسجة الغضروفية

تنشأ هذه الأنسجة من النسيج الجنيني المسمى **ميزنشيم mesenchyme**، عبر مراحل تشمل (شكل 1):

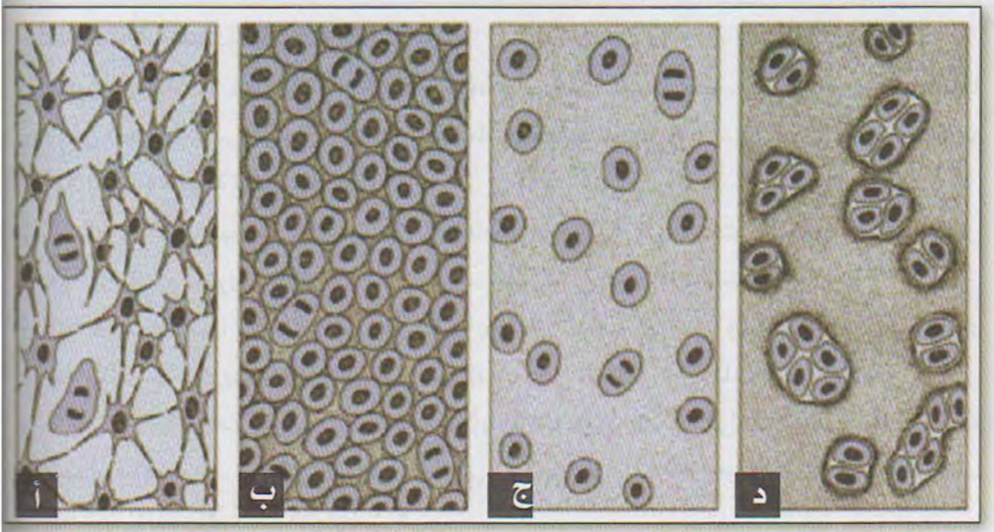
أ. تحول الخلايا الميزنشيمية النجمية إلى خلايا كروية تفقد بروزاتها.

ب. انقسام الخلايا الميزنشيمية بسرعة لتكوّن مناطق تكثف ميزنشيمي.

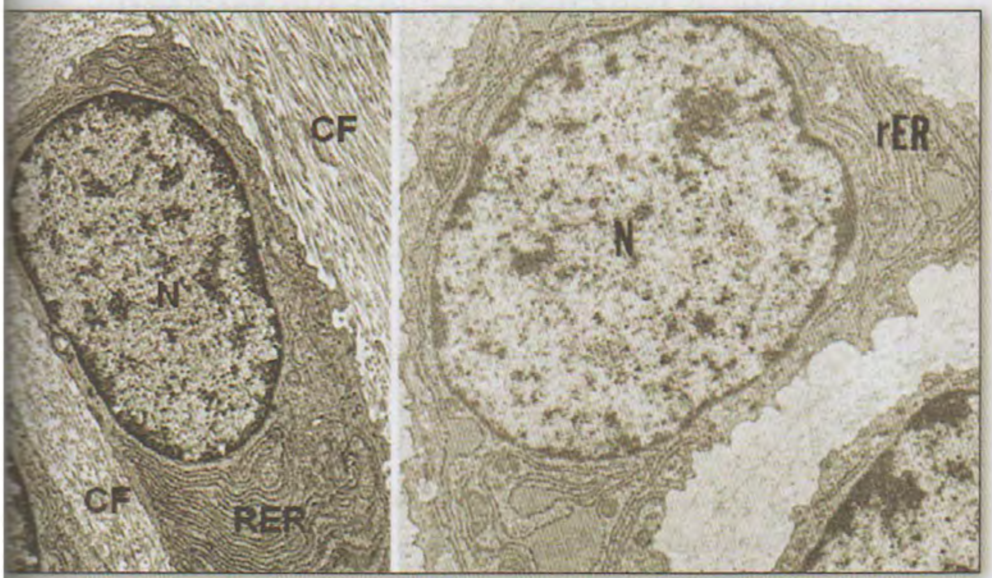
ج. تحوّل الخلايا الميزنشيمية إلى **خلايا غضروف يافعة chondroblasts** لها شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة و نواة بكروماتين منتشر وتصبح قادرة على إفراز كولاجين (شكل2).

د. تصنيع الخلايا الغضروفية للمادة البينية، وبذلك تبتعد عن بعضها، ويبدأ تمايز الغضروف في مركز النسيج الميزنشيمي أولاً ثم ينطلق باتجاه المحيط.

هـ. تحول الخلايا الميزنشيمية الطرفية إلى خلايا ليفية وخلايا غضروفية يافعة لتشكل **المحيط الغضروفي** perichondrium.



(**شكل 1**) تشكل الغضروف. **أ.** نسيج ميزنشيمي؛ **ب.** توالد خلايا الميزنشيم؛ **ج.** تكوين خلايا غضروف يافعة وابتعادها عن بعض نتيجة تكوين مادة بينية؛ **د.** توالد الخلايا الغضروفية لتكوين مجموعات متجانسة، تحاط كل منها بكبسولة.



(**شكل 2**) صورة مجهرية إلكترونية لخلية غضروف يافعة وتظهر فيها وفرة من شبكة إندوبلازمية خشنة (rER) ونواة منتشرة الكروماتين (N)، وحولها ألياف كولاجين المفرزة (CF)

4. أنواع الأنسجة الغضروفية

يحتوي جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الأنسجة الغضروفية، وهذه الأنواع هي: **الغضروف الزجاجي hyaline cartilage**، و**الغضروف المرن elastic cartilage** و**الغضروف الليفي fibrocartilage**.

وفيما يلي استعراض لهذه الأنواع الغضروفية.

4.1 الغضروف الزجاجي Hyaline Cartilage

وهو الأكثر شيوعاً وسمي هذا النوع كذلك لأن مادته الأرضية تبدو شفافة ورائقة كالزجاج، وذلك عند ملاحظة الأنسجة بالمجهر الضوئي. يميل لون هذا النسيج إلى الأبيض المزرق، وهو يعمل في دعامة أجنة الفقاريات ويساهم في نمو العظام الطويلة، كما سنبين ذلك لاحقاً. ويتصف الغضروف الزجاجي بالسمات التالية:

أ. يحتوي لييفات كولاجين التي لا تظهر إلا بالتحضيرات المهجرية الإلكترونية.

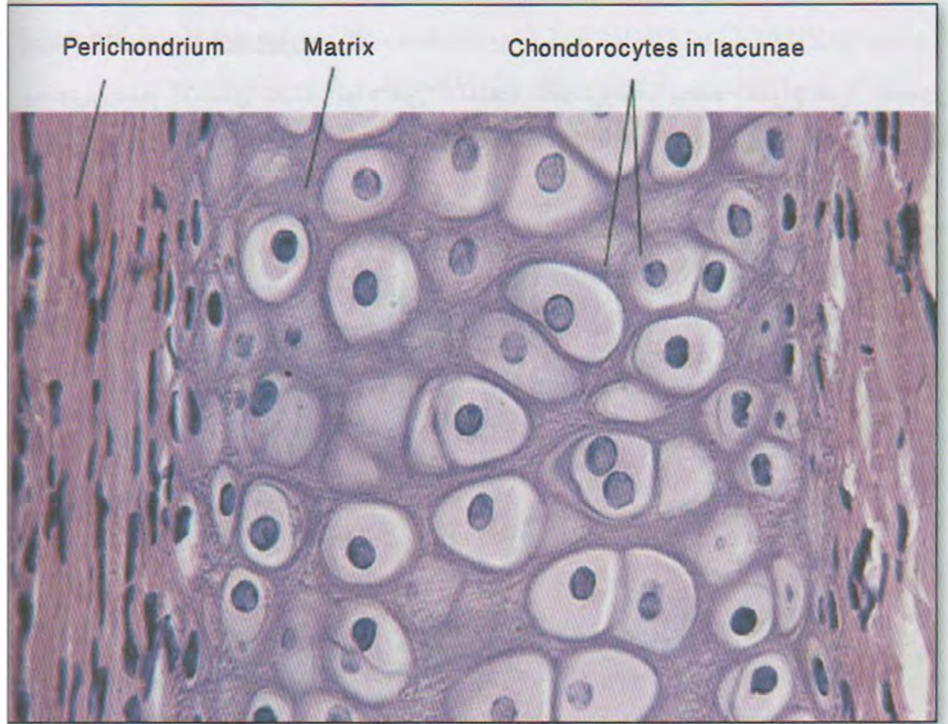
ب. يحتوي كربوهيدرات بروتينية تتكون من **4 سلفات كوندرويتن chondroitin 4 sulfate** و **6 - سلفات كوندرويتن chondroitoin 6 sulfate** و**سلفات كيراتان keratan sulfate** التي ترتبط تساهميا ببروتينات اللب.

ج. يغلف بمحيط غضروفي يتكون من نسيج ضام كثيف، كما يحتوي عدة خلايا ليفية وخلايا غضروفية تساهم في نمو الغضروف (شكل3).

د. تكون خلاياه الخارجية بيضوية الشكل وتتجمع خلاياه الداخلية، كروية الشكل، في مجموعات من 8-4 خلايا في حيّز يدعى **فرجة lacuna** ويكون محاطا بكبسولة (شكل 3). أما في **صفيحة الكرودس epiphyseal plate** التي توجد في نهاية العظام الطويلة فإن الخلايا الغضروفية تتجمع على هيئة أعمدة متوازية (شكل 4).

هـ. يوجد في جدار ممرات التنفس الكبيرة، مثل الأنف والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب وعلى أسطح المفاصل المتحركة.

وكما ذكرنا في الفصل السابق، فإن الكربوهيدرات البروتينية تشبه فراشي أنابيب الاختبار حيث يكّون البروتين اللب وتشع من حولة سلاسل جلايكوز أمينو جلايكانز. وتتفاعل عدة كربوهيدرات بروتينية مع حمض هيالورونيك لتشكيل تجمعات ترتبط بلييفات كولاجين. إضافة لذلك، فإن المادة البينية تحتوي **كوندرونكتين chondronectin**، وهو جزيء بروتيني كربوهيدراتي يعزز التصاق الخلايا الغضروفية بالمادة البينية.



(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية تبين تركيب الغضروف الزجاجي



(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية لغضروف زجاجي في صفيحة كردوس. لاحظ اصطفاف الخلايا الغضروفية على هيئة أعمدة طويلة متوازية، E تمثل منطقة توالد لتلك الخلايا

2.4 الغضروف المرن Elastic Cartilage

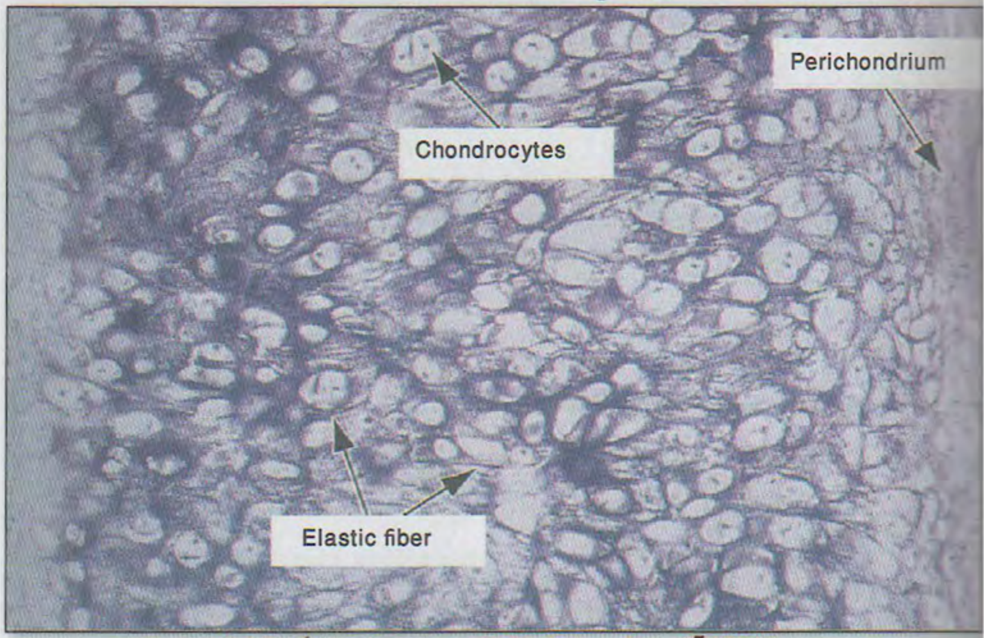
يشبه هذا الغضروف النوع الزجاجي إلى حد كبير، ويختلف عنه في الأمور التالية:

أ. يحتوي شبكة غنية من الألياف المرنة (إضافة إلى كولاجين II) (شكل5).

ب. يميل لونه إلى الإصفرار، ويعود ذلك لوجود الإستين في الألياف المرنة.

ج. يوجد في **صوان الأذن ear pinna** وفي جدر القنوات السمعية الخارجية، إضافة إلى أنابيب استكايوس و**لسان المزمار epiglottis**. وبسبب وجود الألياف المرنة يكون هذا الغضروف أقل عرضة لعمليات التفسخ من الغضروف الزجاجي.

د. يتصف بالقدرة على التمدد والطي.

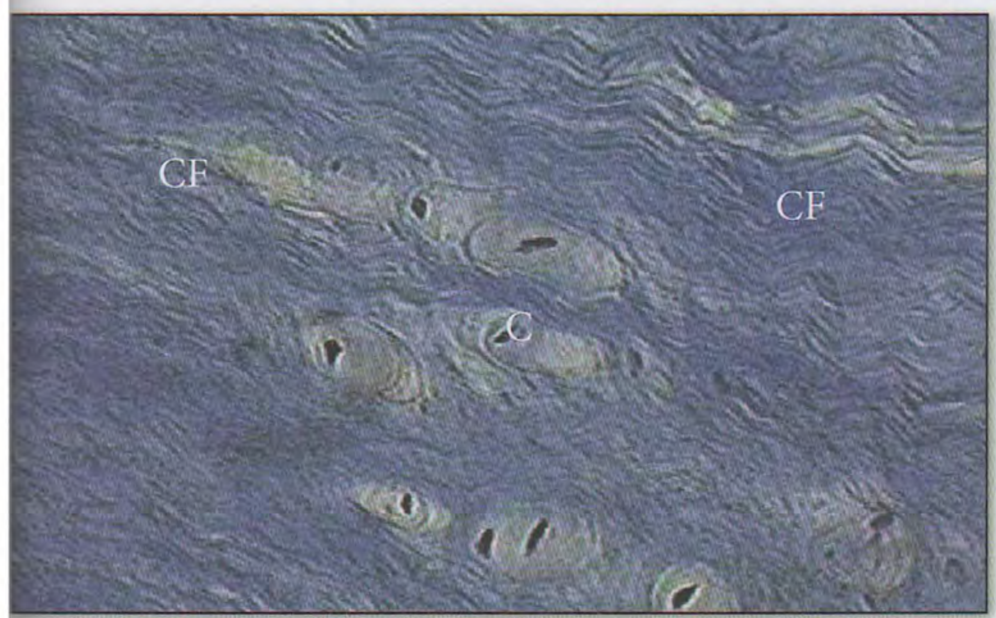


(**شكل 5**) صورة مجهرية ضوئية لغضروف مرن. لاحظ الألياف المرنة

3.4 الغضروف الليفي Fibrocatilage

لهذا الغضروف خصائص وسيطة بين سمات النسيج الضام الكثيف والغضروف الزجاجي. ويرتبط هذا الغضروف بالنسيج الضام الكثيف ، وتكون أليافه الكولاجينية العديدة إما على هيئة حزم غير منتظمة بين الخلايا الغضروفية أو تكون موازية لصفوف هذه الخلايا، بحيث يعتمد هذا التنظيم على قوى الشد التي يتعرض لها الغضروف الليفي.

وفي هذا الغضروف تكون الخلايا إما فرادى أو في مجموعات، كما في الغضروف الزجاجي، وغالباً ما تكون هذه الخلايا منتظمة في صفوف طويلة (شكل 6). ويوجد هذا النسيج الذي لا يملك محيطاً غضروفياً في **الأقراص بين الفقارات intervertebral disks** التي سندرسها لاحقاً، وبين عظام **الإرتفاق العاني symphysis pubis**، وهي مناطق تتعرض لاجهاد كبير وتحمل أوزانا ثقيلة.



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لغضروف ليفي. لاحظ ألياف كولاجين (CF) والخلايا الغضروفية (C)

5. نمو الغضروف Growth of Cartilage

يتم النمو الغضروفي بوسيلتين هما: **النمو البيني interstitial growth** ، **والنمو التراكبي appositional growth**. وفي نوعي النمو المذكورين تصنع خلايا الغضروف ألياف كولاجين ومادة أرضية.

1.5 النمو البيني Interstitial Growth

يحدث هذا النمو نتيجة انقسام الخلايا الغضروفية، ويتم أثناء النمو المبكر للغضروف، حيث تزداد كتلة النسيج من الداخل. كذلك يحدث هذا النمو في **صفائح كردوس epiphysial plate** العظام الطويلة وبداخل **الغضروف المفصلي articular cartilage**.

2.5 النمو التراكبي Appositional Growth

يحدث هذا النمو عند السطح الخارجي للقالب الغضروفي وينتج عن تمايز خلايا المحيط الغضروفي إلى خلايا غضروفية متخصصة، الأمر الذي يساهم في زيادة عرض الغضروف.

6. الأقراص بين الفقارات Intervertebral Disks

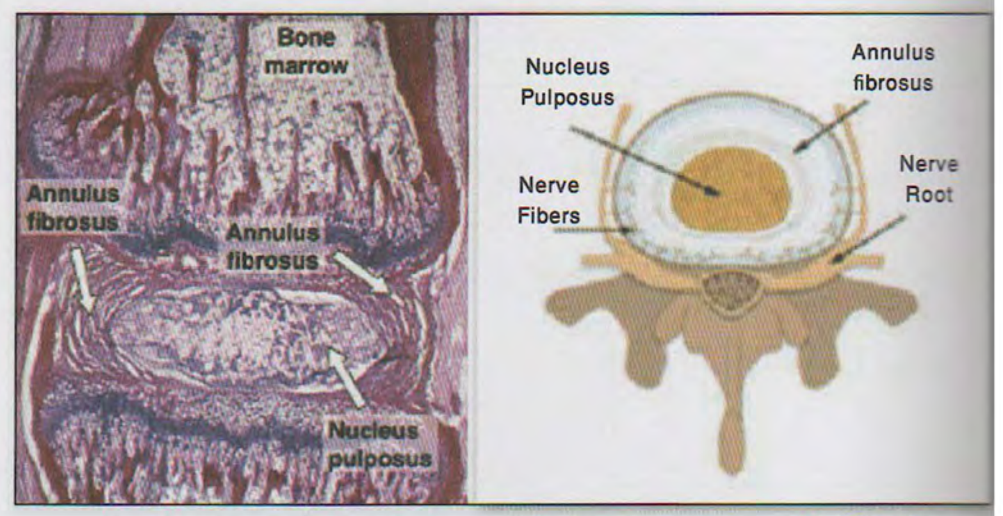
تقع هذه الأقراص بين الفقارات المتجاورة وتشد إليها بأربطة من الأنسجة الضامة الكثيفة. ويتكون كل قرص من منطقتين: **حلقة ليفية annulus fibrosus** و **نواة بارزة nucleus pulposus** في الوسط (شكل7). وفيما يلي استعراض لكل من المنطقتين.

1.6 الحلقة الليفية Annulus Fibrosus

تتشكل هذه الحلقة من طبقات متداخلة من النسيج الغضروفي الليفي حيث تكون حزم كولاجين في الطبقات المتجاورة متعامدة مع بعضها البعض (شكل7)، ويزود هذا التنظيم الأقراص بمرونة فائقة تسمح لها بتحمل الضغوط الناشئة من الفقرات. وإذا حدث تمزق للحلقة الليفية، وغالباً ما يحدث ذلك في المناطق الخلفية من العمود الفقاري حيث تكون حزم كولاجين أقل، فإن ذلك يؤدي إلى إخراج النواة البارزة وتسطح القرص، ونتيجة لذلك تنزلق الأقراص من مواقعها بين الفقارات (شكل 7)، وإذا ما كان الانزلاق باتجاه الحبل الشوكي، فإنه يضغط على الأعصاب وينتج عن ذلك ألم شديد يسمى بالعامية " الديسك".

2.6 النواة البارزة Nucleus Pulposus

تقع هذه المنطقة وسط الحلقة الليفية (شكل 7)، وهي طرية تتكون من خلايا متسديرة مطمورة في مادة لزجة عديمة الشكل تحتوي ليفات كولاجين II (شكل 7)، وكميات وافرة من حمض هيالورنيك. وتعمل هذه المنطقة كماص للصدمات بين الفقرات المتجاورة، وتشتق النواة البارزة من **الحبل الظهري notochord** في الجنين.



(**شكل 7**) الأقراص بين الفقارات ومكوناتها كما تظهر في رسم (يمين) وفي صورة مجهرية ضوئية (يسار)

الفصل الرابع

العظم

4 Bone

4

ذكرنا سابقاً أن الغضروف والعظم يمثلان نسيجاً دعامياً خاصاً. وفي هذا الفصل سنبين صفات الأنسجة العظمية، ووظائفها وطرائق تحضيرها. كذلك سندرس أنواع خلايا العظم، والمكونات الأساسية لهذا النسيج، علاوة على أنواعه وتشكله، وسننهي هذا الفصل بدراسة أنواع المفاصل.

1. صفات النسيج العظمي

أ. يتكون من مادة بينية متكلسة، وهذا ما يجعل العظم ثاني أقسى نسيج بعد الأسنان.

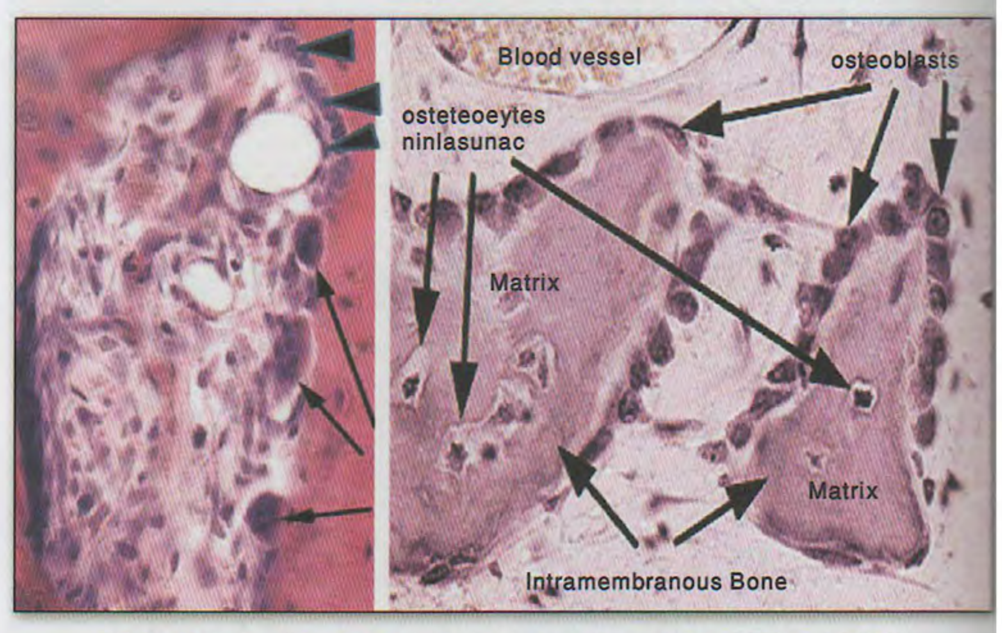
ب. يحتوي ثلاثة أنواع من الخلايا: **العظمية اليافعة osteoblasts** التي تصنع المكونات العضوية للعظم، و**العظمية الناضجة osteocytes** التي توجد في **فرجات lacunae**، و**العظمية المفككة osteoclasts** المعنية بتفكيك العظم وإعادة بنائه (شكل 1).

ج. يحتوي ألياف كولاجين التي تنتظم بطريقة خاصة تعطي العظم مقاومة كبيرة، وقد تكون هذه **الألياف محبوكة woven** أو **طبقية lamellar**.

د. له محيط خارجي وآخر داخلي، وكلاهما يحتوي **خلايا مولدة للعظم osteogenic cells**.

هـ. تتخلله أوعية دموية توصل المواد الغذائية للخلايا العظمية، وذلك بالاتصال بين الشعيرات الدموية وقنيات تلك الخلايا.

و. يتغلظ بطريقة **النمو التراكبي appositional growth**.



(**شكل 1**) مكونات النسيج العظمي، وتظهر الخلايا العظمية اليافعة والناضجة (يمين)، والخلايا المفككه (أسهم) يسار. تشير رؤوس الاسهم (يسار) إلى خلايا يافعة.

2. وظائف النسيج العظمي

يقوم العظم بالوظائف التالية:

أ. حماية أعضاء هامة، مثل الدماغ في الجمجمة والرئتين والقلب في القفص الصدري والحبل الشوكي في العمود الفقاري.

ب. تكوين خلايا الدم في نخاع العظم.

ج. تخزين أيونات الكالسيوم والفوسفات، وإطلاقها عند الحاجة، وذلك وفق آليات ضبط هرموني تحافظ على تركيزات هذه الأيونات.

د. العمل كنظام روافع يساهم في تحويل الانقباضات العضلية إلى تحركات بدنية.

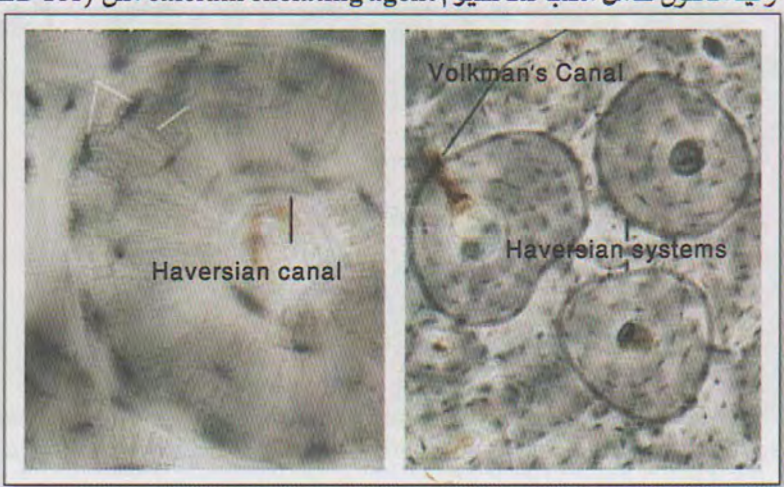
هـ. إعطاء الدعامة والهيكلية للجسم.

3. طرائق تحضير العظم للدراسة المجهرية

نظراً لصلابة الأنسجة العظمية، فإنه يصعب تحضير مقاطع منها بجهاز التقطيع، ولذا يتوجب استعمال طرائق خاصة بها:

أ. حت قطع صغيرة من العظم بمواد كاشطة، حتى تصبح القطع رقيقة جداً وشبه شفافة، ويطلق على هذا التحضير **المقطع المنحوت ground section**. ولا تسمح هذه الطريقة بحفظ خلايا العظم، ولكن يمكن دراسة المكونات الرئيسة مثل **وحدات هافرس Haversian systems** والمادة البينية وبخاصة الألياف، **وفرجات lacunae الخلايا العظمية والقنيات canaliculi**. (شكل 2).

ب. إزالة الكلس وذلك بغمر النسيج العظمي في محلول مخفف من **حمض النيتريك nitric acid** 5%، أو في محلول **عامل مكلّب للكالسيوم calcium chelating agent** مثل (EDTA).



(**شكل** 2) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عظم منحوت. لاحظ وحدات هافرس (يمين) ووحدة هافرس مكبرة (يسار)

4. أنواع خلايا العظم

يحتوي النسيج العظمي ثلاثة أنواع من الخلايا العظمية هي: اليافعة والناضجة والمفككة (شكل1).

1.4 الخلايا العظمية اليافعة Osteoblasts

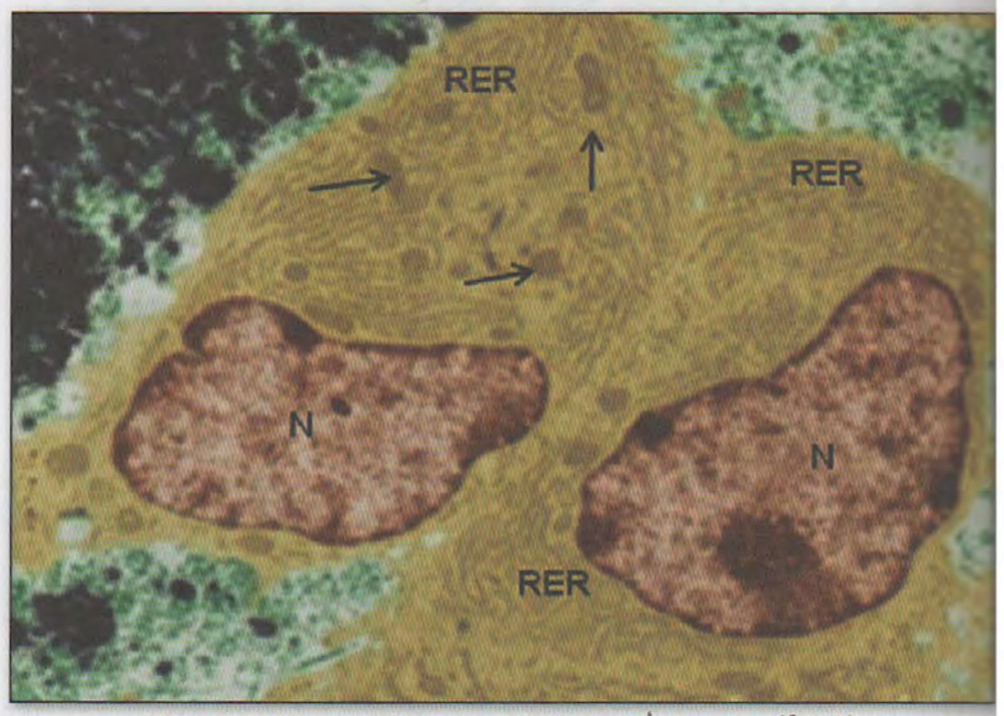
تصنع هذه الخلايا المكونات العضوية في العظم، مثل كولاجين I، والكربوهيدرات البروتينية والبروتينات الكربوهيدراتية، ولهذه الخلايا عدة صفات، أبرزها:

أ. تتموضع على أسطح النسيج العظمي بشكل متراص (شكل1).

ب. تتخذ شكلاً مكعباً أو عمادياً عندما تكون ناشطة في تصنيع المكونات المذكورة، وتتسطح وتقل شبكتها الإندوبلازمية الخشنة عندما يقل نشاطها.

ج. لها بروزات سيتوبلازمية تربط الخلايا مع بعضها، وتعتبر هذه البروزات خطوة أولى نحو تكوين قنيات بين الخلايا العظمية.

د. تحتوي العضيات الدّالة على تصنيع البروتينات المعدّة للتصدير، ويتمثل ذلك بشبكة إندوبلازمية خشنة وافرة ومركب جولجي بارز وميتوكوندريا عديدة (شكل 3).



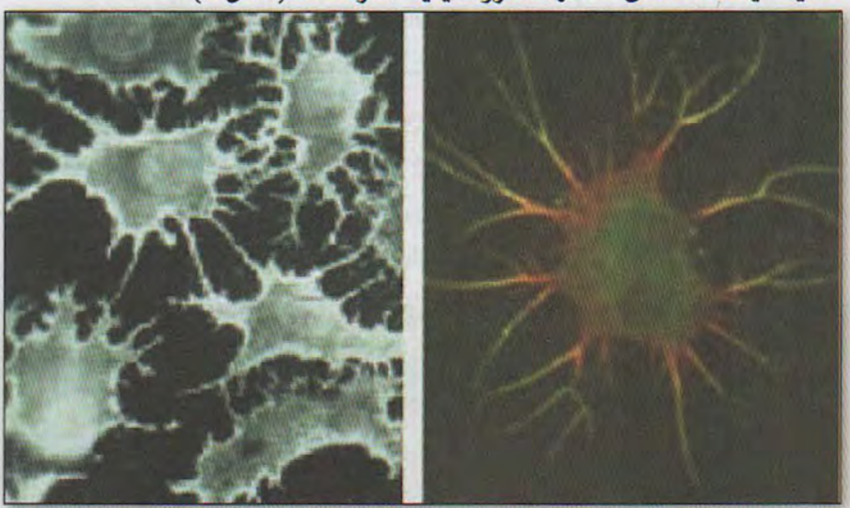
(**شكل** 3) صورة مجهرية ألكترونية لخلية عظمية يافعة تحتوي وفرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة (RER) والميتوكوندريا (أسهم)ونواة (N) بكروماتين منتشر.

2.4 الخلايا العظمية الناضجة Osteocytes

تنشأ من الخلايا اليافعة، وتوجد كل خلية عظمية ناضجة داخل **فُرجة lacuna**، ومن أبرز صفات هذه الخلايا:

أ. لها بروزات سيتوبلازمية تتصل فيما بينها بروابط فجوية (شكل 4)، وهذا ما يمكّن الخلايا من تبادل المواد الغذائية، وتستقر البرزات المذكورة داخل **قنيات canaliculi** إسطوانية. ويسمح هذا النظام بتزويد سلسلة خلوية شعاعية بالمواد المختلفة عبر الأوعية الدموية.

ب. تحتوي كميات أقل من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ومركب جولجي، مقارنة بالخلايا العظمية اليانعة، كما أن مادتها الكروماتينية أكثر كثافة (شكل 5).



(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية لخلية عظم وتظهر بأذرع متعددة (يمين) وصورة مجهرية ضوئية تبين الارتباط بين عدة خلايا (يسار).



(**شكل** 5) صورة مجهرية إلكترونية لخلية عظم ناضجة. لاحظ أذرع الخلية (سهم) التي ستكون قنيات لاحقا، والشبكة الإندوبلازمية الخشنة (RER) والنواة (N)

3.4 الخلايا العظمية المفككة Osteoclasts

تنشأ هذه الخلايا من اندماج **خلايا أحادية monocytes** في نخاع العظم، وتتسم بالصفات التالية:

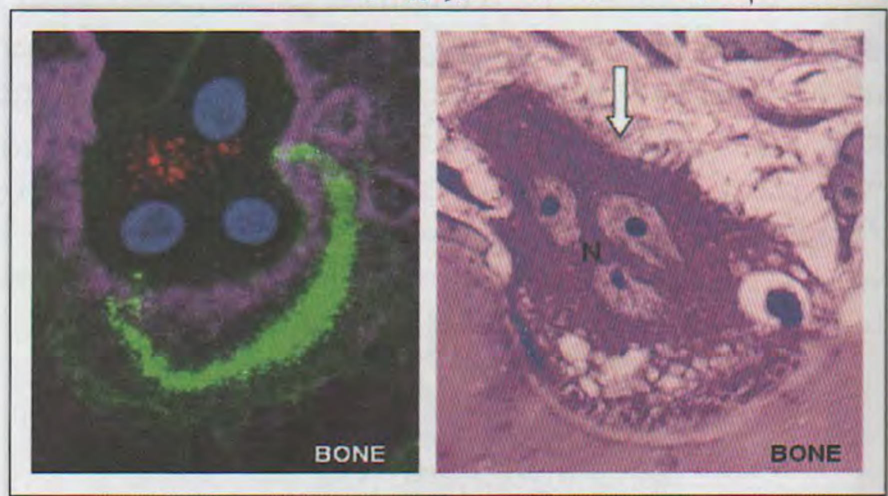
أ. كثرة التفرع، واحتوائها بين 5 و 50 نواة (شكل 6).

ب. التموضع داخل انخفاضات في قالب العظم، تدعى **فرجات هاوشب Howship's lacunae** (شكل 6).

ج. تجعّد أطرافها عند اتصالها بسطح العظم الذي يتعرض للتفكك، وذلك بفعل إنزيمات مفككة للكولاجين ولبروتينات أخرى في قوام العظم.

د. وفرة الميتوكوندريا ومركبات جولجي والأجسام الحالّة، وقلة شبكة إندوبلازمية.

هـ. تفكيكها للعظم في بيئة حامضية لازمة لعمل إنزيماتها.



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية تبين عدة نوى في خلية عظم مفككة (يمين) وصورة بالمجهر الفلوري (يسار) تبين نوى خلية عظمية مفككة (لون أزرق) وحوصلات تحتوي إنزيمات (لون أحمر) و خييطات أكتين (لون أخضر)

5. أرضية النسيج العظمي Bone Matrix

تتشكل أرضية النسيج العظمي من مواد غير عضوية وأخرى عضوية.

1.5 المواد غير العضوية

تمثل هذه المواد حولي 50% من الوزن الجاف لأرضية العظم، ومن أهم هذه المكونات أملاح الكالسيوم والفوسفور الموجودة بوفرة، إضافة إلى البوتاسيوم والصوديوم والمغنيسيوم، والبايكربونات. وتوجد أيونات الكالسيوم والفسفور على هيئة **بلورات هايدروكسي أباتايت hydroxyapatite** Ca10 (PO)6 (OH)2 تقع بجوار لييفات كولاجين، وتحيط بها طبقة مائية تسهل تبادل الأيونات بين البلورات وسوائل الجسم.

2.5 المواد العضوية

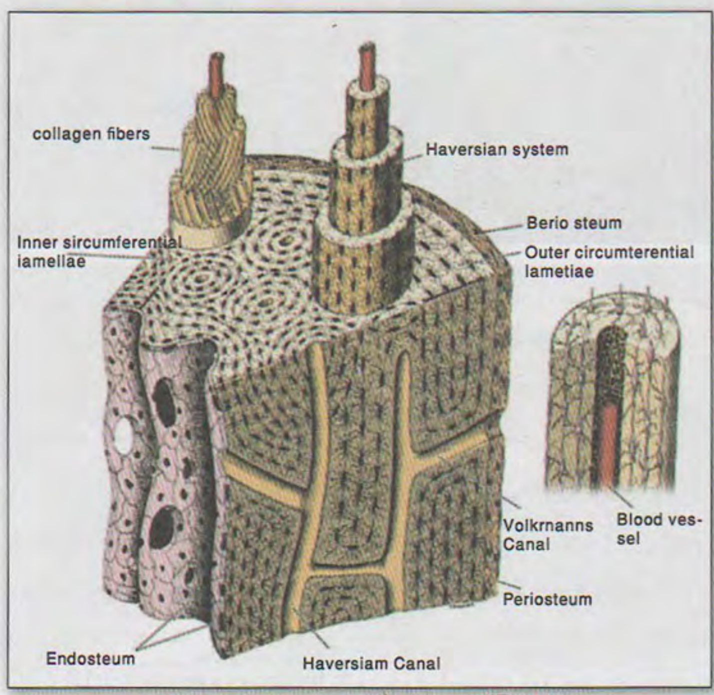
تتشكل هذه المواد من كولاجين I وجلايكوز أمين جلايكانز، مثال 4- سلفات كوندرويتن وسلفات كراتان مرتبطة بعدة بروتينات، إضافة إلى عدة بروتينات كربوهيدراتية، وترتبط لييفات كولاجين ببلورات هايروكسي أباتايت، وهذا ما يؤدي إلى صلابة العظم.

6. محيط العظم

تغطى الأسطح الخارجية والداخلية للعظم بطبقات من النسيج الضام والخلايا العظمية، ويطلق على هذه الطبقات **المحيط العظمي الخارجي periosteum** و**المحيط العظمي الداخلي endosteum** على التوالي. ويعمل هذان المحيطان على تغذية النسيج العظمي بمصدر دائم من الخلايا العظمية اليافعة. لذلك، يعتبر الحفاظ على هذين النسيجين أمراً هاماً في العمليات.

1.6 المحيط العظمي الخارجي Periosteum

يتشكل هذا المحيط من طبقة خارجية من ألياف كولاجين و خلايا ليفية يافعة (شكل 7). و يرتبط بداخل العظم عبر حزم كولاجينية تدعى **ألياف شاربي Sharpey's fibers**، وهذا ما يقوي تماسك العضلات بالعظم. أما الطبقة الداخلية من هذا المحيط فهي أكثر خلوية وتتكون من خلايا مسطحة ذات قدرة انقسام عالية، تتمايز لاحقاً لتشكل خلايا عظمية يافعة.



(**شكل 7**) رسم ببعد ثلاثي يبين مكونات العظم المكتنز

2.6 المحيط العظمي الداخلي Endosteum

يبطن هذا النسيج أسطح العظم الداخلية المطلة على **تجاويف نخاع العظم bone marrow cavities** ، ويتألف من طبقة واحدة من خلايا مسطحة مكونة للعظم، إضافة إلى كمية قليلة من النسيج الضام (شكل 7). ولذلك، فإن هذا المحيط يكون أرق من المحيط الخارجي.

7. أنواع العظم Types of Bone

يبين الفحص المجهري للعظم وجود نوعين من هذا النسيج، هما: الأولي والثانوي (شكل 8).

1.7 النسيج العظمي الأولي Primary Bone Tissue

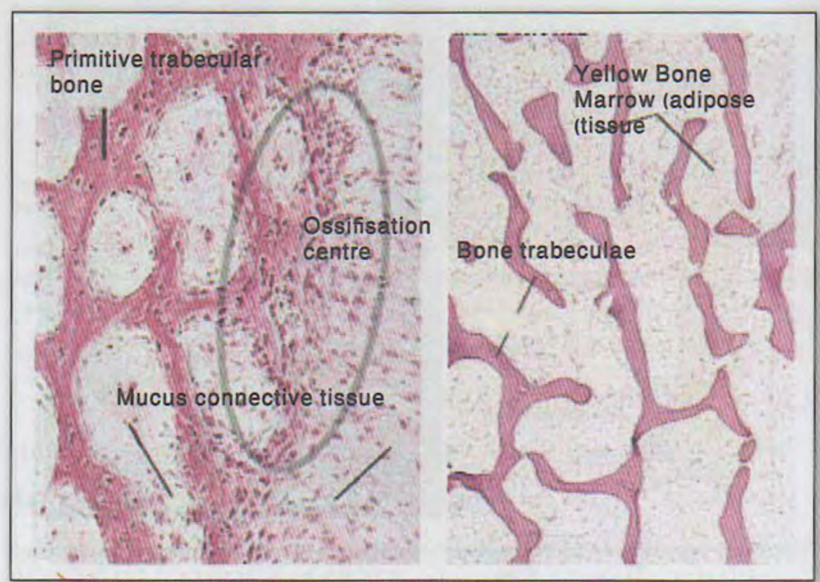
ويسمى هذا النوع **المحبوك woven** أو **غير الناضج immature** أو **الإسفنجي cancellous** (شكل 8)، وهو الذي يظهر أولاً أثناء التكوين الجنيني، وكذلك في حالات كسر العظم أو ترميمه، ويتصف هذا النوع بالسمات التالية:

أ. توزيع عشوائي لألياف كولاجين.

ب. وجود مؤقت، حيث يحل محله العظم الثانوي عند البلوغ، باستثناء لب العظام المسطحة في الجمجمة، وفي **مغرز socket** الأسنان.

ج. وجود أملاح أقل ونسبة أكثر من الخلايا العظمية، مقارنة بالعظم الثانوي.

د. تجاويف كثيرة ومتداخلة تحتوي **نخاع عظم أحمر red bone marrow** حيث تتكون فيه خلايا الدم، إضافة إلى **نخاع عظم أبيض white bone marrow** الذي يتشكل من خلايا دهنية. وتنفصل هذه التجاويف عن بعضها بوساطة شبكة من **الحواجز trabeculae** المتداخلة.



(**شكل 8**) صورة مجهرية ضوئية لعظم أولي، وتظهر الحواجز وبينها تجاويف نخاع العظم (يمين)، وصورة أخرى لعظم أولي قيد التكوين (يسار)

2.7 النسيج العظمي الثانوي Secondary Bone Tissue

يطلق على هذا النوع أسماء مثل **الناضج mature** أو **الطبقي lamellar** أو **المكتنز compact** (شكل 9)، ومن أبرز صفات هذا العظم:

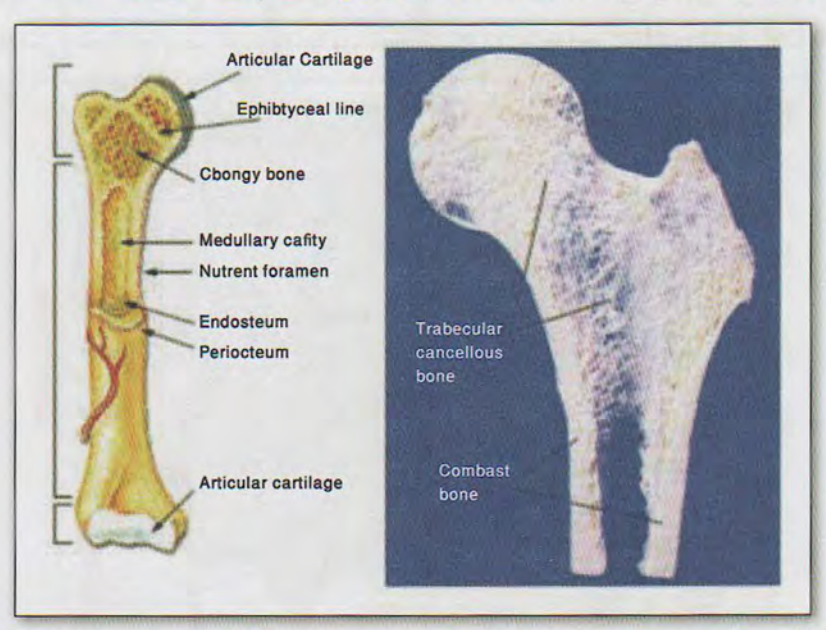
أ. انتظام ألياف كولاجين في طبقات، يبلغ سمكها حوالي 5 µm وتتراكز حول قناة هافرس التي تحتوي أوعية دموية وأعصاباً ونسيجاً ضاماً طرياً. ويطلق على هذا الترتيب **نظام هافرس Haversian system** (شكل 10.7). وقد تكون طبقات الكولاجين متوازية، وتصنف حسب موقعها إلى **طبقات محيطية خارجية outer circumferential lamellae** توجد داخل المحيط العظمي الخارجي، **وطبقات محيطية داخلية inner circumferential lamellae** تتموضع حول تجاويف النخاع العظمي، **وطبقات بينية interstitial lamellae** تمثل بقايا لوحدات هافرس أتلفت أثناء نمو وإعادة قولبة العظم (شكل 7). وسندرس لاحقاً التركيب المجهري لنظام هافرس بنوع من التفصيل.

ب. وجود ترسبات تتكون من مادة بينية متكلسة، إضافة إلى ألياف كولاجين قليلة، وتعمل هذه المادة على ربط وحدات هافرس مع بعضها.

ج. وجود الخلايا العظمية في فرجات (شكل 10) تكون إما بين أو داخل طبقات الكولاجين.

د. وفرة الأملاح وقلّة الخلايا، مقارنة بالعظم الإسنفجي (شكل 9).

هـ. وجوده في **جسم العظام diaphysis** الطويلة وأسطح العظام القصيرة والمسطحة.



(**شكل 9**) صورة لجزء من مقطع طولي في عظمة طويلة (يمين)، ورسم لعظمة طويلة تظهر مكوناتها المختلفة (يسار).

8. نظام هافرس Haversian System

هذا تركيب أسطواني يتوازى مع المحور الطولي للعظام الطويلة ويتصف بالسمات التالية:

أ. وجود قناة مركزية، تدعى **قناة هافرس Harvesian canal** تحاط بطبقات من ألياف كولاجين (شكل 10)، إضافة إلى الخلايا العظمية والمادة البينية. وتبطن قناة هافرس بمحيط عظمي داخلي، وتحتوي أعصاباً وأوعية دموية ونسيجاً ضاماً.

ب. اتصال قنوات هافرس مع بعضها ومع المحيط العظمي الخارجي وكذلك مع تجاويف نخاع العظم بقنوات عرضية تدعى **قنوات فولكمان Volkman's canals** (شكل 10)، التي لا تحاط بطبقات متراكزة من ألياف كولاجين وخلايا عظمية.

ج. انتظام ألياف كولاجين بحيث تكون طولية في طبقة ما وعرضية في الطبقة التالية (شكل 7).



(**شكل** 10) مقطع لوحدة هافرس كما تظهر في مجهر ضوئي وتظهر قناة فولكمان (★) متصلة بقناة هارفس (HC) (يمين) وصورة أخرى لجزء من هذه الوحدة (يسار)

9. تشكل العظم Bone Histogenesis

يتشكل العظم بطريقتين هما: **التعظم الغشائي intramembraneous ossification** حيث يتم تكلس المادة البينية التي تفرزها الخلايا العظمية، و**التعظم الغضروفي endochondral ossification** حيث تترسب المادة البينية للعظم على قالب غضروفي. وفي الحالتين، يكون العظم في البداية من النوع الأولي الذي سرعان ما يتحول إلى عظم ثانوي.

1.9 التعظم الغشائي Intramembranous Ossification

يشكل هذا النوع مصدراً لمعظم العظام المسطحة، مثل العظام **الجبهية frontal** و**الجانبية parietal** في الجمجمة وعظام الفكين السفلي والعلوي. إضافة لذلك، يساهم هذا التعظم في نمو العظام القصيرة وتغلظ العظام الطويلة. وكما يتضح من الإسم، فإن هذه الطريقة في التعظم تدل على أنها تبدأ داخل غشاء ميزنشيمي، أما خطواتها فهي (شكل 11):

أ. يتكون **مركز تعظم أولي primary ossification center** في مناطق متكثفة من الغشاء المزنشيمي، وتبدأ هذه العملية عندما تتمايز خلايا مزنشيمية إلى خلايا عظمية يافعة تفرز حولها مادة بينية تتكلس لاحقاً (شكل 11).

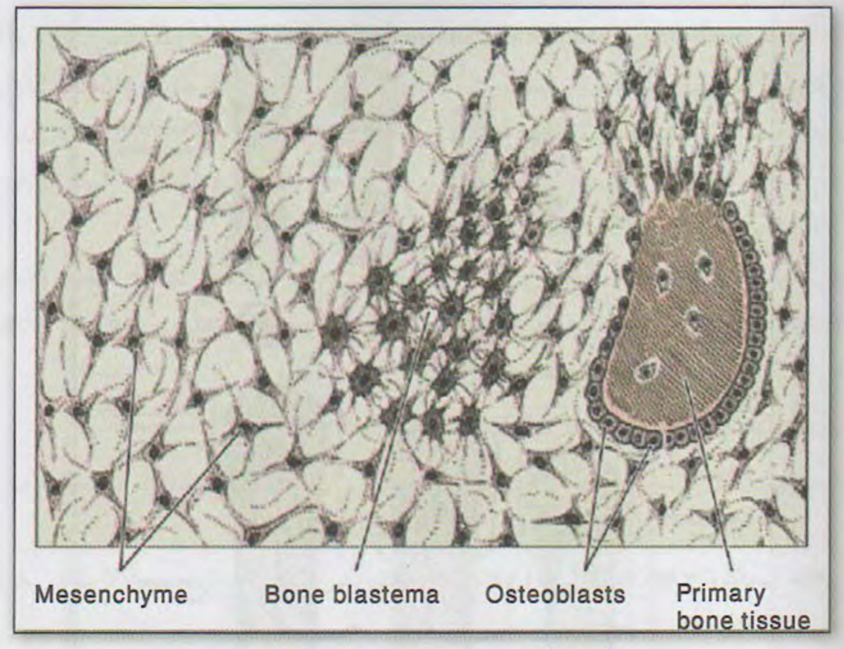
ب. بعد ذلك، تحاط الخلايا اليافعة بكبسولات وتتحول إلى خلايا عظم ناضجة. وتشكل هذه المناطق العظمية النامية **حواجز spicules** تحيط بتجاويف طولية تحتوي شعيرات دموية وخلايا نخاع عظم وخلايا غير متمايزة (شكل 11).

ج. ينتشر التعظم في مناطق مختلفة من الغشاء الميزنشيمي، وتتشكل عدة حواجز في كل مركز بنفس الوقت، ثم تندمج لاحقا لتعطي العظم مظهراً اسفنجياً (شكل 11).

د. تخترق عدة أوعية دموية النسيج الضام المتبقي بين الحواجز العظمية، وتتحول الخلايا المزنشيمية غير المتمايزة إلى **خلايا نخاع عظم bone marrow cells**.

هـ. تتمايز أجزاء الغشاء الميزنشيمي التي لم تتعظم إلى محيط عظمي خارجي ومحيط عظمي داخلي.

تجدر الإشارة إلى أن تشكل عظام الجمجمة يمر بمراحل التعظم التي أشرنا إليها آنفاً، غير أن الأسطح الخارجية والداخلية لهذه العظام تتحول إلى عظم مكتنز، بينما تبقى الأجزاء المركزية على طبيعتها الإسفنجية. وفي جمجمة وليد حديث، لا تتعظم بعض مناطق النسيج الضام، بل تبقى كأجزاء طرية في أعلى الجمجمة وتسمى **يوافيخ fontanelles**.



(**شكل** 11) رسم يبين بعض مراحل التعظم الغشائي

2.9 التعظم الغضروفي Endochondral Ossification

يتم هذا التعظم داخل قالب من الغضروف الزجاجي يمثل صورة مصغرة لشكل العظم الذي سيتحول إليه. وتعتبر هذه الطريقة في التعظم أساس تكوين العظام القصيرة والطويلة (شكل 12). وأبرز مراحل هذا التعظم هي:

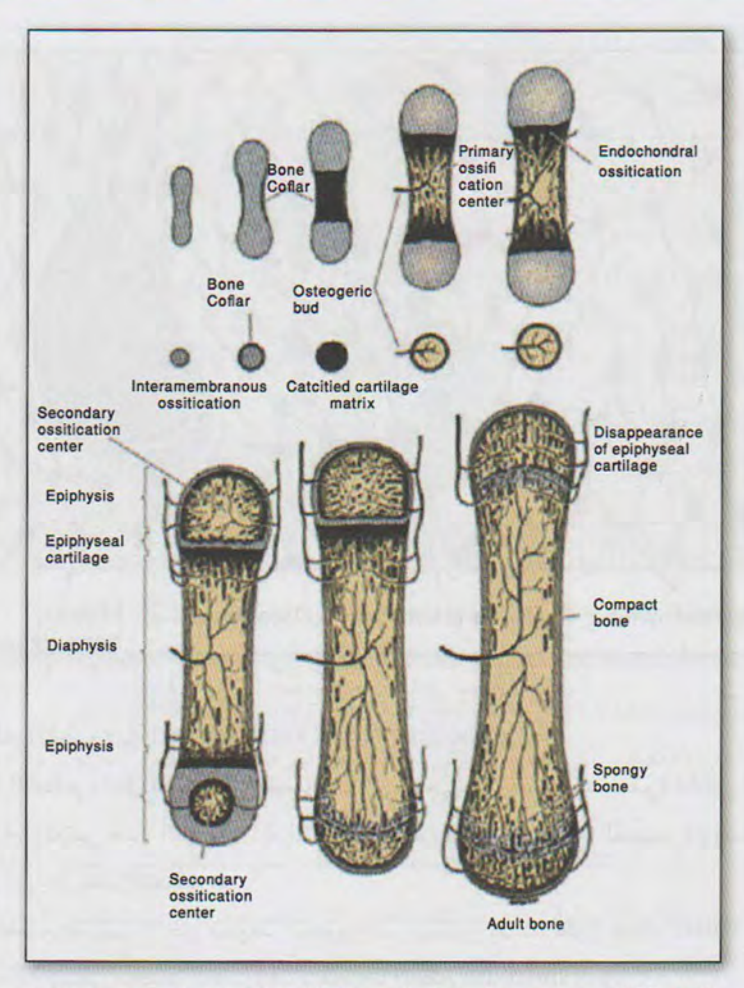
أ. يحدث تعظم غشائي داخل محيط الغضروف، ليتكون بذلك **طوق عظم bone collar**، وفي هذه الحالة يسمى محيط الغضروف بـ **محيط العظم persiosteum**.

ب. تبدأ الخلايا الغضروفية داخل طوق العظم بالانهيار نتيجة لمنع انتشار المود الغذائية داخل القالب الغضروفي الذي يخلو من الأوعية الدموية.

ج. تفقد الخلايا الغضروفية المنهارة قدرتها على المحافظة على المادة البينية الغضروفية، ويؤدي ذلك إلى تكلس الغضروف.

د. يتكون **برعم مولد للعظم osteogenic bud**، مؤلف من **خلايا عظمية سلفية osteoprogenitor cells** وشعيرات دموية داخل المحيط العظمي. ويخترق هذا البرعم طوق العظم عبر ثقوب فتحتها **خلايا العظم المفككة osteoclasts** ليغزو بذلك المادة البينية الغضروفية المتكلسة.

هـ. تتوالد الخلايا العظمية السلفية وتتحول إلى خلايا عظمية يافعة لتكوّن طبقة من مادة بينية عظمية فوق بقايا الغضروف المتكلس.



(**شكل** 12) رسم يبين مراحل التعظم الغضروفي. لاحظ الغضروف الزجاجي وهو منقط، والغضروف المتكلس بالأسود، والعظم بخطوط مائلة.

و. تتحرك خلايا نخاع عظم سلفية من الدم لتستقر في تجاويف داخل العظم الناشئ.

ز. إزالة بقايا الغضروف المتلكس من قبل **خلايا غضروفية مفككة chondroclasts** تنتشر مو التعظم التي بدأت في **مركز التعظم الأولي primary ossification center** وسط القا الغضروفي، باتجاه منطقتي **الكردوس epiphysis** عند طرفي هذا القالب، ويلازم هذا الانتش تمدد طوق العظم بالاتجاه المذكور (شكل 12).

ط. تنشط خلايا العظم المفككة وسط القالب العظمي الجديد، وهذا ما يؤدي إلى تكوين تجو نخاع العظم الذي ينمو باتجاه الكردوس.

ي. ينشأ **مركز تعظم ثانوي secondary ossification center** وسط كل كردوس في مرحلة لاحقة (شكل 12)، ويمر هذا المركز بتغيرات تشبه تلك التي تحدث في مركز التعظم الأولي، غير أن نمو عملية التعظم يكون **شعاعياً radial** وليس طولياً كما في المركز الأولي. وكذلك، ونتيجة لعدم وجود محيط غضروفي عند منطقتي الكرودس في طرفي القالب الغضروفي، (وهما منطقتي تمفصل) فإنه لا يتكون طوق عظم (شكل 12).

ك. بعد انتهاء تعظم كل كردوس يبقى الغضروف في موقعين هما: **الغضروف المفصلي articular cartilage** عند نهايتي القالب الغضروفي و**صفيحة الكردوس epipyseal plate**، التي تربط الكردوس بـ **جسم العظم diaphsis** (شكل 12).

10. غضروف الكردوس Epiphyseal Cartilage

يتكون غضروف الكردوس من خمس مناطق، تبدأ من نهاية الكردوس باتجاه الداخل، وهي (شكل 13):

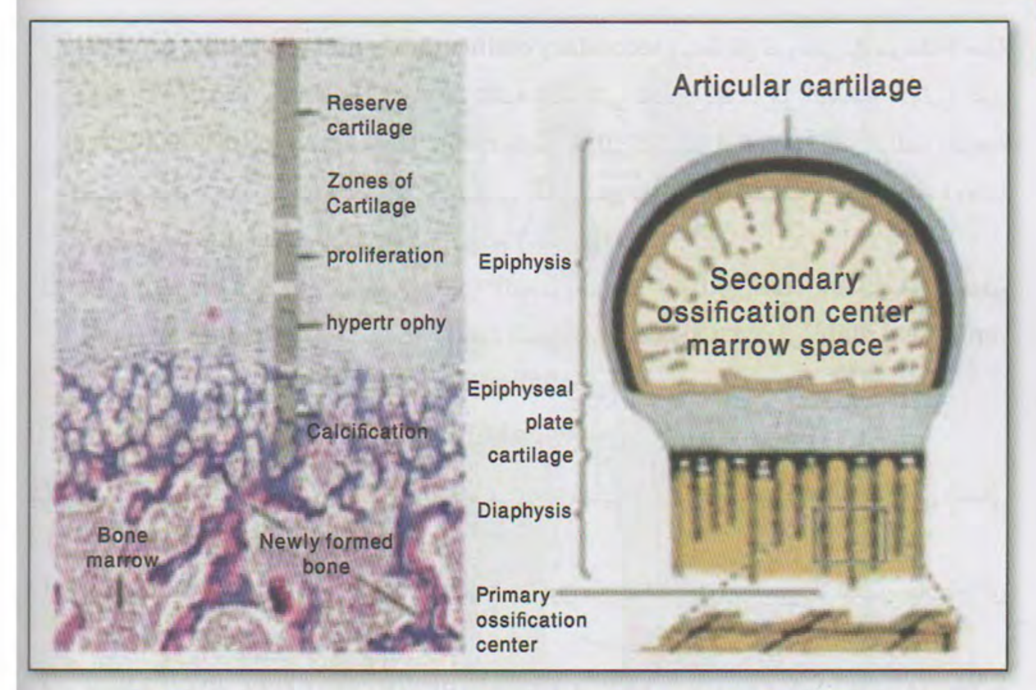
أ. **المنطقة الساكنة resting (reserve) zone** وتتكون من غضروف زجاجي، لا تظهر خلاياه أي تغيير في شكلها.

ب. **منطقة التوالد proliferative zone**، تنقسم فيها الخلايا بسرعة وتكوّن أعمدة من خلايا مرزومة في مجموعات، تتوازى من المحور الطولي للعظم.

ج. **منطقة الغضروف المتضخم hypertophic cartilage zone**، وتتكون من خلايا غضروفية كبيرة تحتوي كميات جلايكوجين وافرة، وفي هذه المنطقة تتقلص المادة البينية إلى حواجز نحيفة بين الخلايا الغضروفية.

د. **منطقة الغضروف المتكلس calcified cartilage zone**، وفيها تموت الخلايا الغضروفية، وتتكلس الحواجز النحيفة المشار إليها في المنطقة السابقة، وذلك بترسيب بلورات **هايدروكسي أباتايت hydroxyapatite** عليها.

هـ. **منطقة التعظم ossification zone**، وتتخللها أوعية دموية وخلايا عظمية سلفية، تتحول إلى خلايا عظمية يافعة، ترسب بدورها مادة بينية عظمية فوق حواجز المنطقة الكلسية. وفيما بعد، تتحول الخلايا العظمية اليافعة إلى خلايا عظمية ناضجة.



(**شكل** 13) رسم يبين صفحة الكردوس عند نهاية عظمة طويلة (يمين)، وصورة مجهرية ضوئية تبين التغيرات التي تحدث في غضروف صفيحة الكردوس (يسار).

11. المفاصل Joints

تمثل المفاصل مناطق التقاء عظام متجاورة تكون محاطة بأنسجة ضامة تربط العظام مع بعضها، وتقرر نوع ودرجة الحركة بينها. وتصنف المفاصل على أساس الحركة إلى **مفاصل متداخلة synarthrosis** تكون الحركة فيها محدودة أو معدومة، **ومفاصل طليقة الحركة diarthrosis**.

1.11 المفاصل المتداخلة Synathrosis

وتصنف اعتمادا على نوع النسيج الذي يربط العظام إلى ثلاثة أنواع:

أ. المفاصل العظمية Synostosis ، ترتبط العظام في هذه المفاصل بنسيج عظمي، ولذلك فإنها عديمة الحركة والمثال البارز على مكان هذه المفاصل هو الجمجمة.

ب. المفاصل الغضروفية Synchondrosis هذه مفاصل ترتبط فيها العظام بغضروف زجاجي، وتكون حركتها محدودة، ويرتبط الضلع الأول بـ **القص sternum** بهذا النوع من المفاصل.

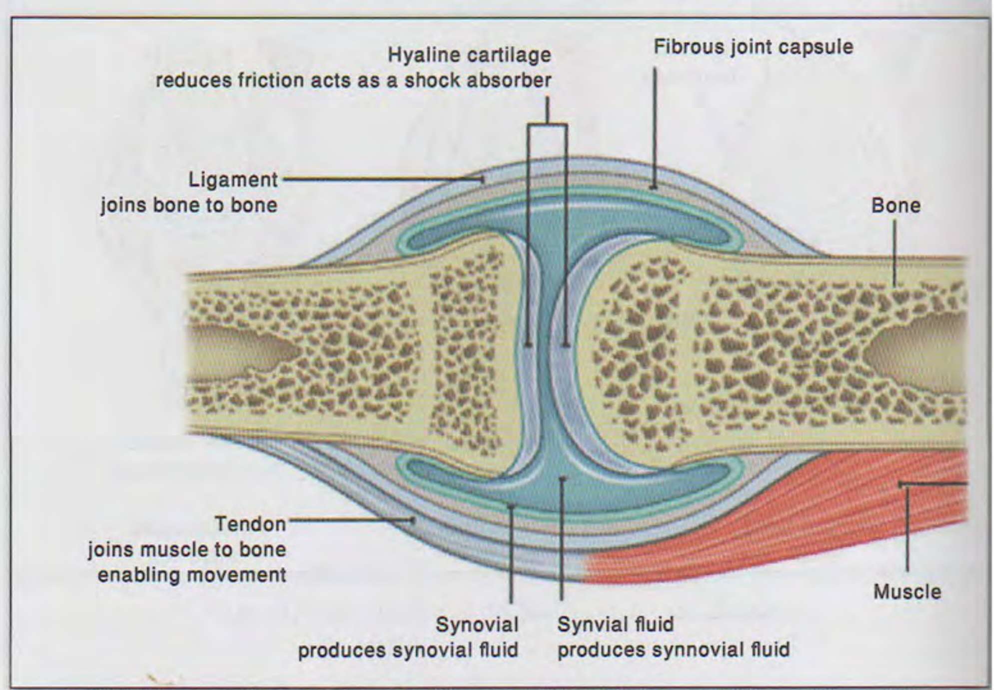
ج. المفاصل الرابطة Syndesmosis حيث تتصل العظام في هذا النوع بأربطة من النسيج الضام الكثيف، ولهذه المفاصل حركة قليلة، وهي توجد في أماكن مثل **الارتفاق العاني symphysis pubis** وفي مناطق اتصال الفقرات.

2.11 المفاصل طليقة الحركة Diarthrosis

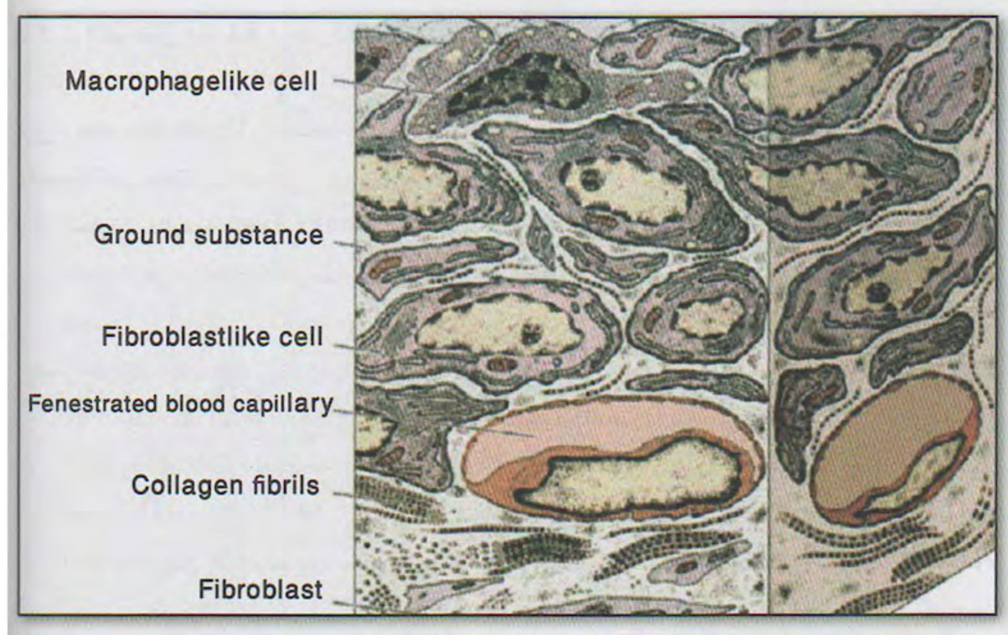
تربط هذه المفاصل العظام الطويلة وتزودها بدرجة كبيرة من الحركة، وتتشكل هذه المفاصل من أربطة **ligaments** ومحفظة **capsule** من نسيج ضام كثيف غير منتظم (شكل 14)، وتتشكل المحفظة من طبقتين، هما:

أ. **الطبقة الليفية Fibrous Layer** وهي خارجية، تتكون من نسيج ضام كثيف غير منتظم وتحيط هذه الطبقة بأربطة المفصل، وتكون مميزة في مناطق الجسم التي تتعرض لضغط كبير.

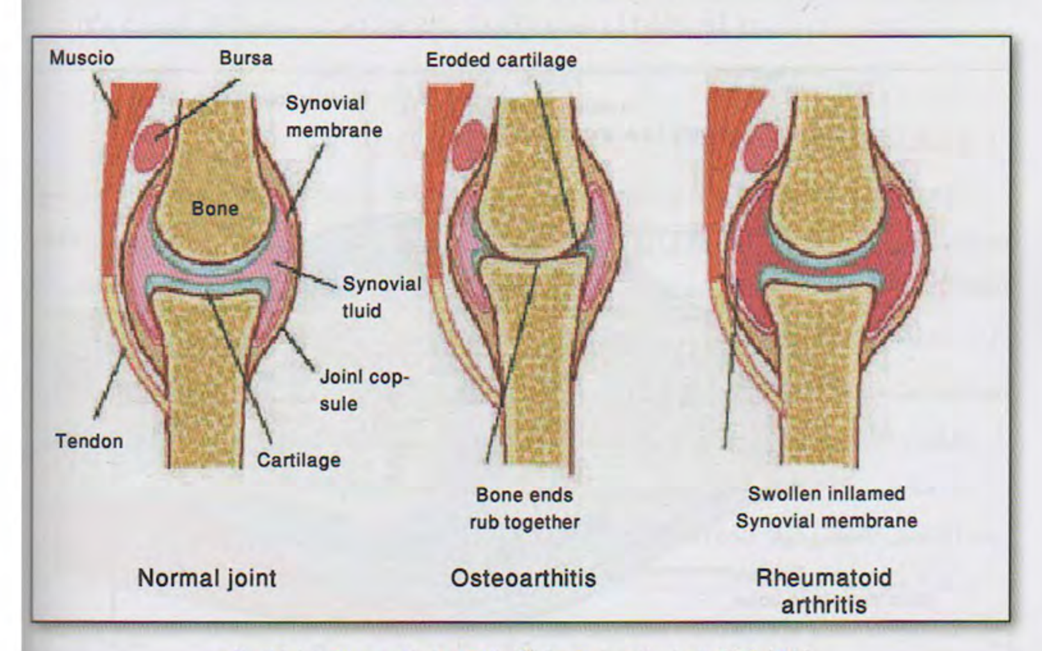
ب. **الطبقة المزلقة Synovial Layer** وهي داخلية، تتألف من **غشاء مزلق synovial membrane** ذي ثنايا داخل تجويف المفصل. ويبطن الغشاء المزلّق طبقة من الخلايا الطلائية المسطحة (والمكعبة أحياناً)، ترتكز على طبقة من نسيج ضام طري يحتوي أنسجة دهنية (شكل 14). وبينت الدراسة المجهرية الإلكترونية وجود نوعين من الخلايا في الغشاء المزلّق: نوع يشبه الخلايا الليفية، وآخر يعمل كخلايا أكولة (شكل 15) ويقوم الغشاء المزلق بإفراز **السائل المزلق synovial fluid**، وهو شفاف عديم اللون ولزج، يحتوي أكسجين ومواد مغذية وملّينة للنسيج الغضروفي المفصلي. وإذا ما تهتك الغضروف المفصلي تحدث آلام شديدة في المفصل نتيجة احتكاك العظام ببعضها (شكل 16).



(**شكل 14**) رسم يبين مفصلاً طليق الحركة



(**شكل** 15) رسم يبين خلايا الغشاء المزاق

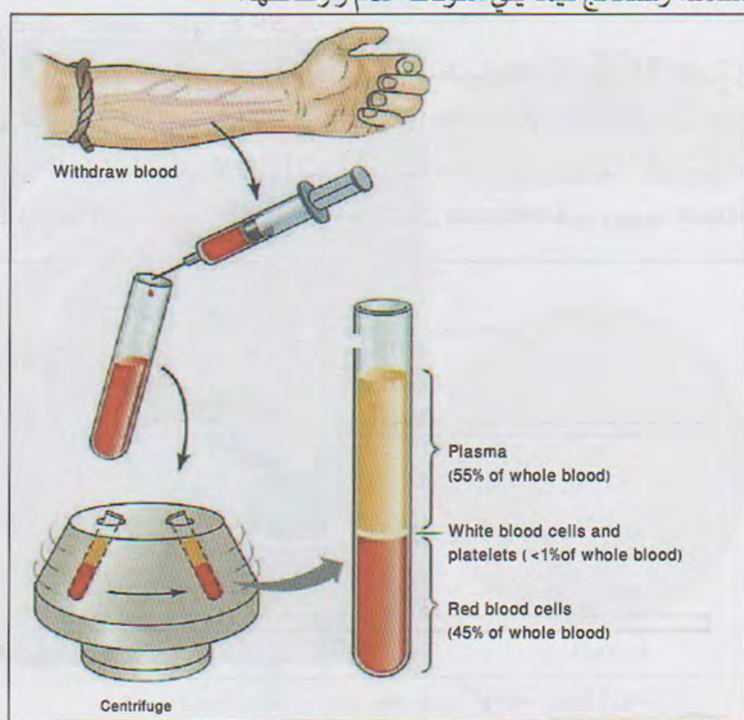


(**شكل** 16) التهاب المفصل نتيجة تآكل الغضروف الموجود عند نهاية العظام

الفصل الخامس

5 الــدم
Blood

ذكرنا في فصل سابق أن الدم يعتبر نسيجاً ضاماً خاصا، ذلك أن هذا النسيج يتكون من خلايا ومادة بينية سائلة (بلازما الدم) (شكل 1)، غير أنه لا يحتوي أليافاً بل **مولّدات الألياف fibrinogens**. ويبلغ حجم الدم في الذكر البالغ حوالي 5.5 لتر. وإذا ما وضع حجم ما من الدم في أنبوب اختبار مضافاً إليه مانعا للتخثر مثل هيبارين، وعرّض هذا الأنبوب لطرد مركزي، فإن هذا الحجم من الدم ينفصل إلى جزء علوي يشكل حوالي 55% من حجم الدم، ويمثل بلازما الدم، وآخر سفلي يشكل حوالي 44% من ذلك الحجم، ويتكون معظمه من خلايا الدم الحمراء التي تظهر بلون أحمر. أما خلايا الدم البيضاء، فتظهر بلون أبيض، فوق طبقة الخلايا الحمراء وبنسبة حولي 1% من حجم الدم. وتوجد الصفائح الدموية فوق طبقة الخلايا البيضاء، ولكن يصعب تمييزها بالعين المجردة (شكل 1). ويشار إلى نسبة خلايا الدم الحمراء في الدم بـ **مكداس الدم hematocrit**. وسنعالج فيما يلي مكونات الدم و وظائفها.



(**شكل 1**) رسم لأنبوب يحتوي دماً بعد الطرد المركزي

1. بلازما الدم Blood Plasma

تمثل البلازما المادة البينية في الدم، وهي محلول مائي يحتوي جزيئات كبيرة، أهمها البروتينات التي تشكل حوالي 7% من حجم البلازما، وكذلك الهرمونات والفيتامينات والأحماض الأمينية والبروتينات الدهنية التي تؤلف مجتمعة حوالي 2% من حجم هذا السائل، ومن أهم بروتينات البلازما:

أ. **مولد الليف fibrinogen**، وهو مهم في تشكيل ألياف الخثرات الدموية.

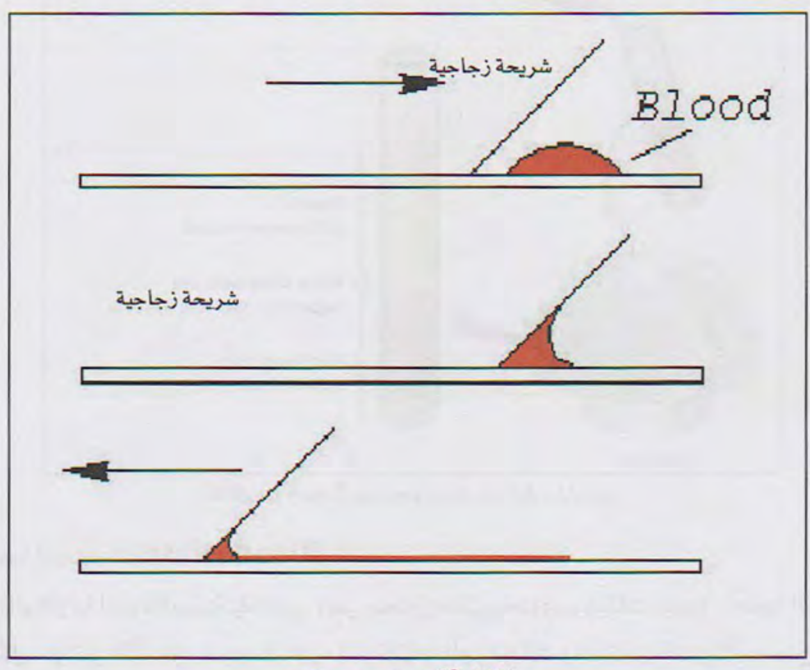
ب. **جاما جلوبيولين gamma globulin**، وهي أجسام مضادة معنية بالدفاع .

ج. **ألبومين albumin**، وهو البروتين الرئيسي في البلازما، ويلعب دوراً هاماً في استقرار الضغط الأسموزي للدم.

وتشكل الأملاح غير العضوية حوالي 1% من حجم البلازما، ومن أهمها:أملاح الصوديوم والبوتاسيوم المعنية بالمحافظة على استقرار الضغط الأسموزي للدم. كذلك يوجد في البلازما أيونات مهمة، مثل البايكربونات، التي تساهم في المحافظة على ثبات درجة حموضة (pH) الدم.

علاوة على ما تقدم، فإن البلازما تحمل المواد الغذائية من مواقع امتصاصها أو تصنيعها لتوزع على جميع أنحاء الجسم. كذالك، فإن البلازما تنقل نواتج النشاطات الأيضية إلى الجهاز البولي، حيث يتم التخلص منها في الكلية.

تدرس خلايا الدم بعد مسح نقطة دم على شريحة نظيفة بطريقة سليمة (شكل 2)، ثم تجفيفها في الهواء ثم صبغها بمحلول هو خليط من **أزرق ميثلين methylene blue** و**إيوسين eosin**. وتستعمل عدة صيغ لهذا المحلول، وتسمى كل منها نسبة إلى الباحث الذي استعملها أولاً. ومن أسماء صبغات مسحات الدم المتداولة: صبغة **رايت Wright** و**ليشمان Leishman**، و **جيمسا Giemsa**.



(شكل 2) تحضير مسحة دم

2. خلايا الدم Blood Cells

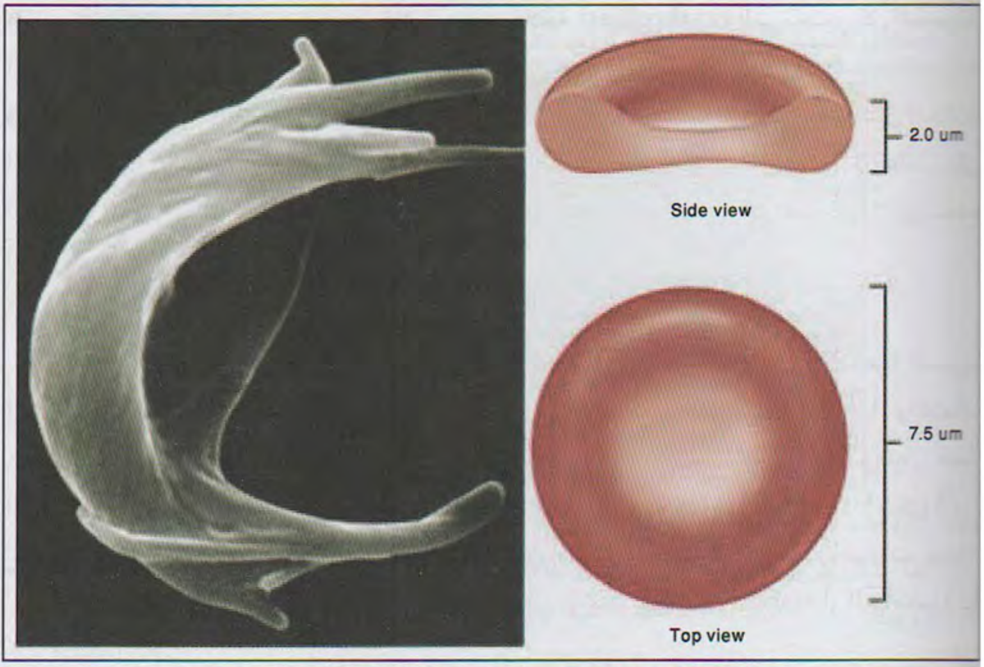
1.2 خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells (Erythrocytes)

تتسم هذه الخلايا بالصفات التالية:

أ. لها شكل كريات ثنائية التقعر، وهذا ما يسهل تبادل الغازات (شكل 3).

ب. لا تحتوي نوى أو أي عضيات أخرى، باستثناء بعض الأنيبيبات الدقيقة تحت الغشاء الخلوي، ولذلك، فإن عمرها في الدورة الدموية محدد بحوالي 120 يوماً.

ج. لها قطر بحدود 7.5 µm، ويبلغ سمكها عند حافتها حوالي 2.5 µm، وحوالي 0.8 µm في المركز، وتسمى الخلايا التي يقل قطرها عن 6.0 µm **الخلايا الصغيرة microcytes** بينما تدعى الخلايا التي يزيد قطرها عن 9 µm **الخلايا الكبيرة macrocytes**.



(**شكل 3**) رسم لخلية دم حمراء يظهر قطرها وسمكها (يمين) وصورة بالمجهر إلكتروني الماسح لخلية دم حمراء منجلية الشكل (يسار)

د. يتراوح تركيزها في الدم بين 4 و5.5 مليون خلية/ ميكرولتر من دم النساء، و4–6 مليون خلية/ ميكرولتر من دم الرجال، ويشار إلى الحالة التي ينقص فيها تركيز خلايا الدم عن الحد الطبيعي بـ **فقر الدم anemia**، بينما تسمى الحالة التي يزداد فيها تركيز الخلايا الحمراء بـ **كثرة الحمر polycythemia**. وقد تكون الحالة الأخيرة مرضية، أو قد تكون طبيعية، خاصة عند الأشخاص الذين يعيشون في أماكن مرتفعة، حيث يكون ضغط الأكسجين قليلاً.

هـ. تحتوي حوالي 250 مليون جزيء **هيموجلوبين hemoglobin**، وهو البروتين الحامل للأكسجين، إضافة إلى أنزيمات تعنى بتفاعلات **تفكك الجلوكوز glycolysis**، وإذا كانت كمية الهيموجلوبين أقل من المعدل الطبيعي، تنشأ حالة من فقر الدم. وإذا طرأ أي تغيير في بنية الهيموجلوبين، كما يحدث في حالة **فقر الدم المنجلي sickle cell anemia**، حيث يحل الحمض الأميني **فالين** valine محل **حمض جلوتاميك glutamic acid**، فإن ذلك يؤدي إلى خلايا دم حمراء تصبح منجلية الشكل (شكل 3). ونتيجة لذلك، تزداد لزوجة الدم، وتؤدي هذه الحالة إلى إبطاء أو إيقاف تدفق الدم في الشعيرات، وبالتالي يحدث نقص في الأكسجين الذي يصل للأنسجة.

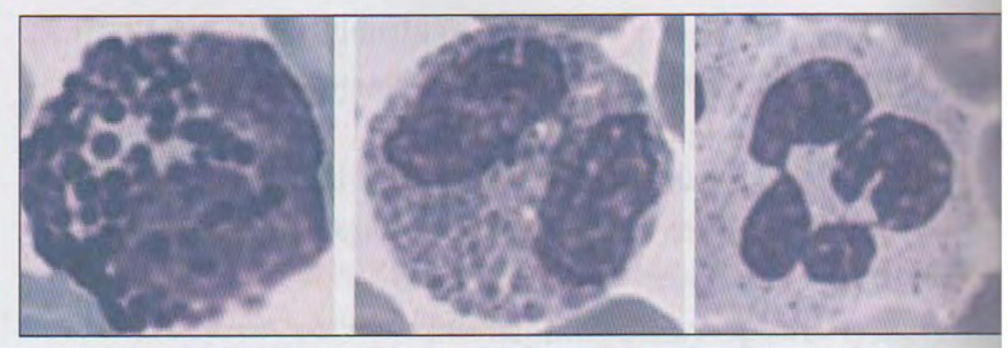
تتكون خلايا الدم الحمراء في نخاع العظم خلال عملية تمايز خلوي تسمى **تكون الخلايا الحمر erythropoiesis** تتحول فيها **خلايا حمراء يافعة erythroblast** التي تحتوي كل العضيات اللازمة لتصنيع البروتينات وخاصة هيموجلوبين، إلى **خلايا شبكية reticulocytes** فيها حبيبات قليلة وتركيب شبكي. وتفقد الخلايا الشبكية نواها لتكوّن خلايا الدم الناضجة. وتشكل الخلايا الشبكية نسبة 1% من خلايا الدم الحمراء، ويشير عددها الزائد في الدم إلى زيادة الطلب على الأكسجين، وهي حالة تنشأ من عوامل مثل النزف أو الانتقال إلى مناطق مرتفعة كثيراً عن سطح البحر.

2.2 خلايا الدم البيضاء (White Blood Cells (Leukocytes

لا تشكل هذه الخلايا مكونات دائمة في بلازما الدم، ذلك أنها تتحرك من الأوعية الدموية إلى السائل البيني حول الأنسجة، حيث تقوم بعدة وظائف، كما سنشير لذلك لاحقاً. واعتماداً على وجود حبيبات في السيتوبلازم وشكل النوى، تقسم خلايا الدم البيضاء إلى مجموعتين، هما: **الخلايا الحبيبية granulocytes** (شكل 4) و**الخلايا غير الحبيبية agranulocytes** (شكل 5).

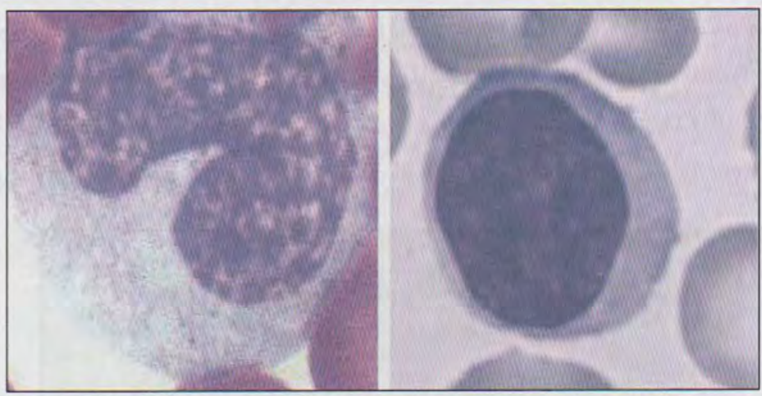
أ. **الخلايا الحبيبية**: وهي خلايا ذات نوى لها فصين أو أكثر وتحتوي نوعين من الحبيبات، هما:

- **الحبيبات الخاصة**: specific granules، وهي التي ترتبط بالمكونات المتعادلة أو الحامضية في صبغة الدم.
- **الحبيبات المحبة للون الأزرق azurophilic granules**، وهي أجسام حالة، تصطبغ باللون الأزرق. ومن أبرز إنزيمات هذه الحبيبات **كولاجينيز collagenase**، و**فوسفاتيز القاعدي alkaline phosphatase** و**الإنزيم المفكك lysozyme** في الخلايا المتعادلة، وإنزيمات **فوسفاتيز الحمضي acid phosphatase**، و**كاثابسين cathepsin** ، و **RNAase** و**فوسفولايبيز phospholipase** التي نجدها في الخلايا حامضية الاصطباغ. أما حبيبات الخلايا قاعدية الاصطباغ فتشمل **هيبارين heparin** و**هستامين histamine**.



(**شكل 4**) خلايا الدم البيضاء الحبيبية، وتظهر الخلايا المتعادلة (يمين) والحامضية (وسط) والقاعدية (يسار)

ب. **الخلايا غير الحبيبية:** لهذه الخلايا نوى كروية أو مثلمة، وهي لا تحتوي حبيبات خاصة، إلا أنها تحتوي حبيبات قليلة من النوع المحب للون الأزرق. وتشمل هذه الخلايا نوعين هما: الخلايا اللمفاوية والخلايا الأحادية.



(**شكل 5**) خلايا دم بيضاء غير حبيبية، وتظهر اللمفاوية (يمين) والأحادية (يسار)

ومن أبرز سمات خلايا الدم البيضاء:

1. لها شكل كروي عندما تكون معلقة في بلازما الدم، ولكنها تتسطح عند مواجهتها لأجسام غريبة.
2. تستطيع مغادرة الشعيرات الدموية إلى الأنسجة الضامة، لتعمل كدوريات جوالة لمجابهة الجسيمات والجزيئات الغريبة الداخلة للجسم، و بذلك تساهم هذه الخلايا في الدفاع عن الجسم، إما عن طريق الأجسام المضادة، أو بالتهام تلك المواد الغريبة. وسنشير إلى هذا الموضوع ثانية عندما ندرس أنواع خلايا الدم البيضاء.
3. يتراوح عددها بين 15,000 و 25,000 في كل مايكرولتر من الدم عند الولادة، ويقل هذا العدد إلى 6,000 - 10,000 خلية في الإنسان البالغ.

بعد استعراضنا للصفات العامة لخلايا الدم البيضاء، نعالج الآن أنواع هذه الخلايا بدرجة من التفصيل.

1.2.2 الخلايا المتعادلة Neutrophils

وتدعى أيضاً **الخلايا البيضاء مفصّصة النوى polymorphonuclear leukocytes**، وتتسم بالصفات التالية:

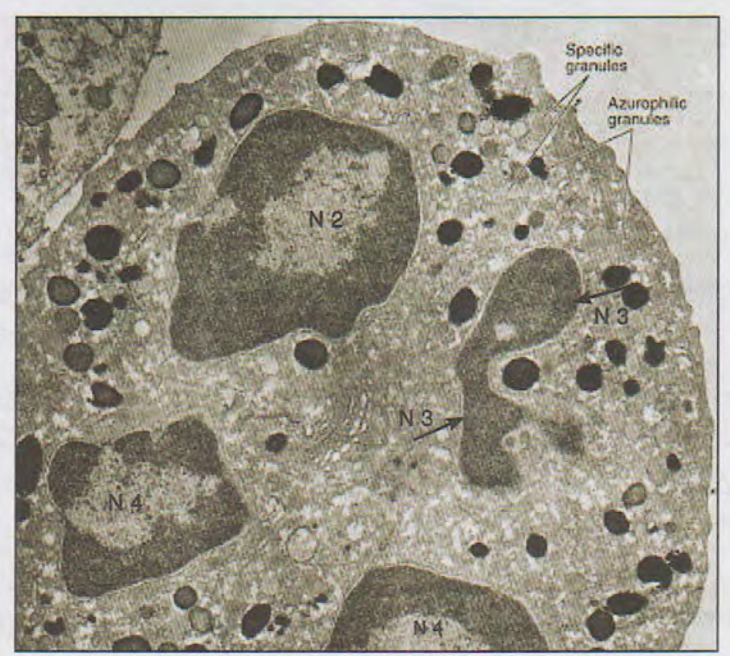
أ. لها قطر يتراوح بين 12 و 15 µm، وتشكل حوالي 60-70% من عدد خلايا الدم البيضاء.

ب. لنواها عدة فصوص، يتراوح عددها بين 2 و5، وتتصل مع بعضها بخيوط كروماتينية. وتكون مادة الكروماتين في هذه الخلايا، كما في غيرها من الخلايا البيضاء الحبيبية، كثيفة في محيط النواة ومنتشرة في الوسط (شكل 6).

ج. تحتوي حبيبات خاصة، وهي كثيرة وصغيرة، يتخذ معظمها شكلاً كروياً بقطر يبلغ حوالي 1.0 µm، ولكن القليل منها له شكل عصوي (شكل 6)، كما تحتوي حبيبات خاصة محبّة للون الأزرق وهي قليلة العدد ويبلغ قطرها حوالي 0.5 µm، وفيها إنزيمات أبرزها كولاجنيز وفوسفاتيز القاعدي ولايسوزايم.

د. يمثل جلايكوجين المصدر الرئيس للطاقة، وبسبب ندرة الميتوكوندريا، لا تعتمد هذه الخلايا على **دورة كريبس Kreb's cycle**، وإنما توفر طاقتها بتفكك **الجلوكوز glycolysis**.

هـ. تستطيع البقاء في وسط قليل الأكسجين، وهذه إيجابية كبيرة تمكن هذه الخلايا من قتل البكتيريا وإزالة حطامها، كما يحدث في مناطق الالتهاب **والموت الخلوي necrosis**.



(شكل 6) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء متعادلة. لاحظ النواة N4-N1 متعددة الفصوص.

و. عمرها قصير في الدم (من 6-7 ساعات)، و أطول في النسيج الضام (من 1-4 أيام).

ز. تشكل خط دفاع رئيسي بوجه الأحياء الدقيقة، وخاصة البكتيريا، وعند مواجهتها "للأعداء" تسطح هذه الخلايا وتكوّن أقداماً كاذبة تحيط بالأجسام الغريبة ثم تقوم بسحبها إلى داخلها بواسطة عملية **البلعمة phagocytosis**. وبعد ذلك، تطلق **الإنزيمات المفككة lysozymes** التي تحطم جدر البكتيريا. وتظهر نتيجة المعركة بين الخلايا المتعادلة والمواد الغريبة الغازية على هيئة مادة صفراء لزجة تسمى **الصديد pus**، التي تمثل حطام الخلايا المتعادلة والبكتيريا.

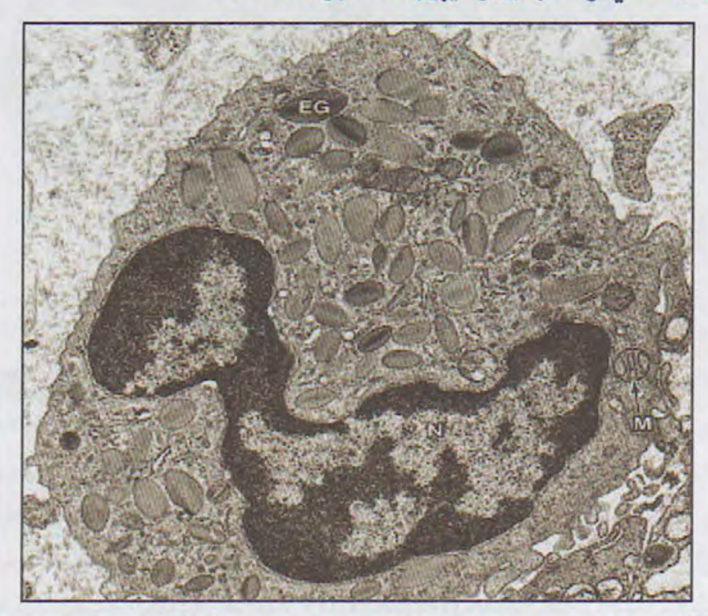
2.2.2 الخلايا حامضية الإصطباغ Eosinophils

لهذه الخلايا سمات أبرزها:

أ. تشكل %2-4 من خلايا الدم البيضاء ويتراوح قطرها بين 12 و15 µm.

ب. لها نوى بفصّين، وتحتوي شبكة إندوبلازمية وميتوكوندريا وأجسام جولجي قليلة (شكل 7).

ج. فيها وفرة من الجلايكوجين، وتحتوي حبيبات خاصة (حوالي 200 حبيبة في الخلية الواحدة) تصطبغ بـ إيوسين وتحاط بغشاء، ولها **منطقة داخلية internum** بلورية (شكل 7). وتحتوي الحبيبات **بروتيناً قاعدياً رئيسياً major basic protein** غنياً بـ **آرجنين arginine**، حيث يشكل حوالي %50 من البروتين الكلي للحبيبات، ويعمل هذا البروتين على قتل بعض الطفيليات مثل **المنشقات schistosomes**. وتحتوي حبيبات المنطقة **الخارجية externum**، **فوسفاتيز الحامضي، وكاثابسين ولايبيز المفسفرو RNAase**.



(**شكل 7**) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء حامضية، لاحظ النواة N والحبيبات الحامضية EG

د. تتوافر في الأنسجة الضامة في الجلد والأنبوب الهضمي والرحم والمهبل، والشعب التنفسية وحول الديدان الطفيلية.

هـ. تنتج مواداً تلطف الالتهابات عن طريق تثبيط **الليكوترينات leukotrienes**.

و. تتكون في نخاع العظم من **خلايا نخاعية يافعة myeloblasts**.

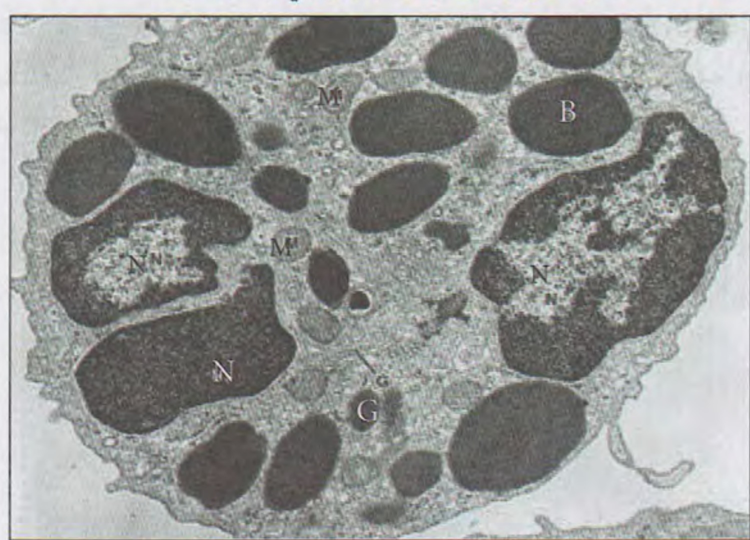
3.2.2 الخلايا قاعدية الاصطباغ Basophils

تتصف هذه الخلايا بالسمات التالية:

أ. تشكل نسبة تقل عن 1% من خلايا الدم البيضاء ولذلك يصعب تعيينها في مسحات الدم. ويتراوح قطرها بين 12 و 15 µm. ولها نوى على هيئة حرف S تنقسم إلى فصوص غير منتظمة.

ب. تحتوي حبيبات خاصة كثيرة لها قطر بحدود 0.5 µm (شكل 8)، وتظهر بلون أزرق داكن عند صبغها بمحلول رومانوفسكي، وذلك بسبب احتوائها هيبارين وهستامين. كذلك، تحتوي هذه الحبيبات ليكوترينات تسبب انقباض العضلات الملساء في حالات الحساسية.

ج. تحتوي كميات قليلة من الميتوكوندريا ومركب جولجي (شكل 8).



(**شكل 8**) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء قاعدية الاصطباغ. B= حبيبات قاعدية الاصطباغ؛ G = جهاز جولجي؛ M= ميتوكوندريون؛ N= نواة.

4.2.2 الخلايا اللمفاوية Lymphocytes

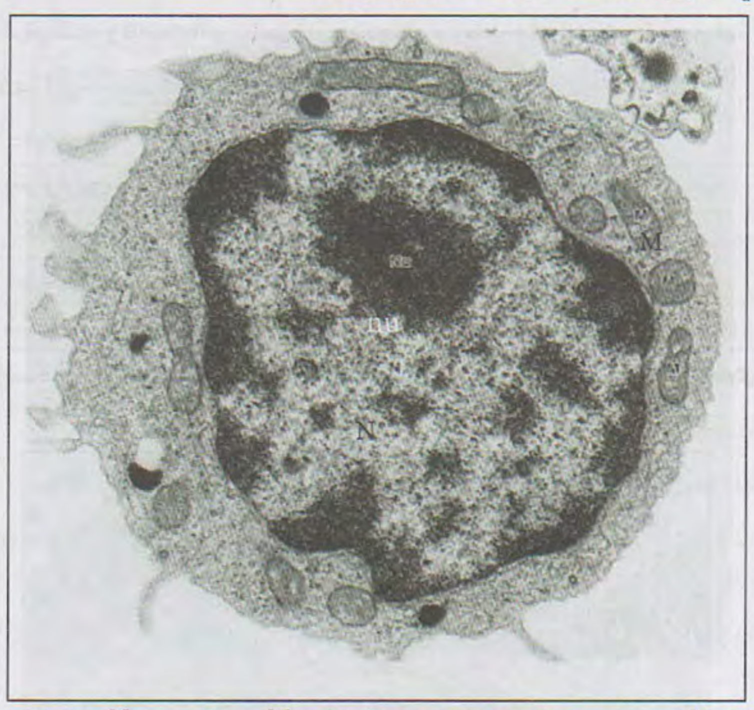
تصنف هذه الخلايا إلى عدة مجموعات اعتماداً على وجود جزيئات سطحية مميزة يمكن تحديدها بتقانة **الكيمياء الخلوية المناعية immunocytochemistry**، وتشترك هذه الخلايا في الدفاع عن الجسم ضد المواد الغريبة والخلايا السرطانية.

تكون الخلايا اللمفاوية إما صغيرة يتراوح قطرها بين 6-8 µm، أو كبيرة، بقطر يبلغ حوالي 18 µm، ويعتقد بأن الخلايا الكبيرة هي التي تنشط بـ **مولدات الضد antigens**، وتتمايز إلى تائية (T) أو بائية (B).

أ. الخلايا اللمفاوية الصغيرة Small Lymphocytes

هذه خلايا سائدة بالنسبة للخلايا اللمفاوية الكبيرة، وتتصف بالتالي:

1. لها نوى كروية ذات انغماد في بعض الأحيان، وتحتوي مادة كروماتين تظهر على هيئة تجمعات مكثفة (شكل 9). ولها سيتوبلازم رقيق يحتوي حبيبات قليلة محبة للون الأزرق.
2. تحتوي ميتوكوندريا قليلة، وتجمعات ريبوسومية.



(شكل 9) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء لمفاوية. M= ميتوكوندريون؛ N= نواة، nu = نوية

ب. الخلايا اللمفاوية الكبيرة Large Lymphocytes

وتشمل نوعين، هما: **خلايا تائية** (T) تتكون في **الغدة الصعترية thymus gland**، و**خلايا بائية** (B) تنشأ في **نخاع العظم bone marrow** في الثديات، أو في **كيس فابريشيوس bursa of Fabricus** في الطيور، وهو كتلة من خلايا لمفاوية تقع بالقرب من **مذرق cloaca** الطيور.

1. **اللمفاوية البائية B lymphocytes**: تشكل حوالي 15% من الخلايا اللمفاوية وتحمل أجساماً مضادة عند حفزها نتيجة وجود مولدات ضد خاصة، وتتمايز لتكون خلايا بلازما تفرز

كميات كبيرة من الأجسام المضادة. ويحيط بعض هذه الأجسام المضادة بالبكتيريا ليجعلها سهلة التفكك من قبل الخلايا الأكولة عند التعرض ثانية لمولدات ضد محددة.

2. **اللمفاوية التائية T lymphocytes**: تشكل حوالي 80% من الخلايا اللمفاوية، وتشمل:

- **الخلايا المسَممة cytotoxic cells** وتدمر الخلايا الغريبة والخلايا المغزيّة بالفيروسات.
- **الخلايا المساعدة helper cell** وتفرز مواداً تحفز خلايا T و B لمواجهة مولدات الضد ويتم تحطيمها من قبل فيروس ال AIDS.
- **الخلايا الكابحة suppressor cells** وتقمع الاستجابة لمولدات الضد الذاتية كما تثبط الاستجابة لمولدات الضد الغريبة.
- **خلايا ذاكرة memory cells** وتستجيب لعودة مولدات ضد عند تعرض الجسم لها مسبقا.

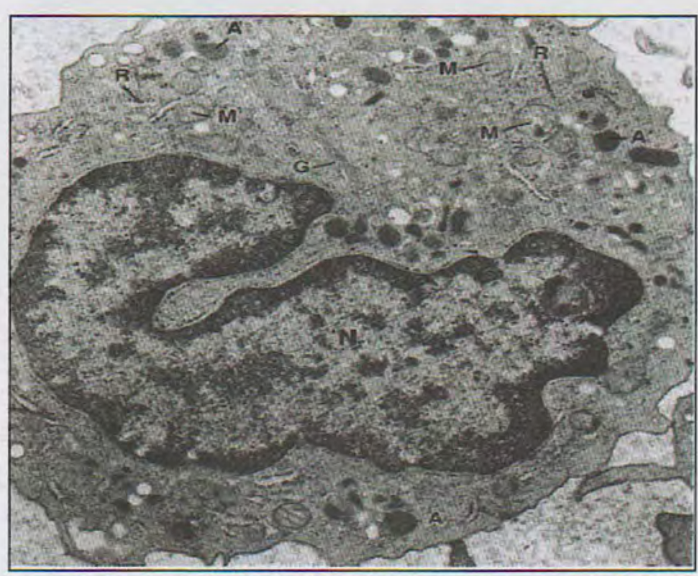
5.2.2 الخلايا الوحيدة Monocytes

لهذه الخلايا عدة صفات أهمها:

أ. لها قطر يتراوح بين 12-20 µm ولها نوى تتخذ شكل حذوة حصان، أو شكل كلية (شكل 10)، ومادتها الكروماتينية منتشرة، ولذلك فإنها تصطبغ بدرجة أقل.

ب. تحتوي حبيبات دقيقة (أجسام حالّة) محبة للون الأزرق.

ج. تحتوي شكبة إندوبلازمية خشنة، وكذلك عدة ميتوكوندريا صغيرة و تجمعات ريبوسومية وفيرة، إضافة إلى جسم جولجي، ولها عدة خملات دقيقة وحوصلات **شرب خلوي pinocy-tosis**.



(**شكل 10**) صورة مجهرية إلكترونية لخلية أحادية. A= حبيبات محبة للأزور، G= جسم جولجي، M= ميتوكندريون.

د. تشكل أسلافاً لخلايا **نظام بلعمة أحادي النواة mononuclear phagocyte system**، وتستطيع هذه الخلايا عبور جدر الشعيرات الدموية لتستقر في الأنسجة الضامة حيث تتمايز إلى خلايا **بلعمية كبيرة macrophages**. كذلك، تتعاون الخلايا الأحادية اللمفاوية في التعارف والتفاعل بين مولدات الضد وخلايا المناعة.

هـ. تشكل حوالي 3%-8 من خلايا الدم البيضاء، وتعيش لفترة تتراوح بين 24 و200 يوم.

ويبين الجدول التالي مقارنة بين خلايا الدم المختلفة من حيث القطر والعدد

نوع الخلايا	القطر (µm)	العدد في كل µL من الدم
1. خلايا الدم الحمراء	7.5-7	$10^6 \times$ 6-4.1 (في الذكور) $10^6 \times$ 5.3-3.9 (في الاناث)
2. خلايا الدم البيضاء	15-12	10.000-6.000
أ. المتعادلة	15-12	* % 70-60
ب. حامضية الأصباغ	15-12	* % 4-2
ج. قاعدية الأصباغ	15-12	* % 1-0
د. اللمفاوية	18-6	* % 30-20
هـ. الأحادية	20-12	* % 8-3

* ترمز الى النسبة من خلايا الدم البيضاء

3. الصفائح الدموية Platelets

1.3 صفات الصفائح الدموية

هذه أجزاء خلوية، وتدعى **أحياناً خلايا الخثرة thrombocytes** غير أنها لا تحتوي نوى، ومن أبرز صفاتها:

أ. لها شكل صفائح، وبقطر يتراوح بين 2-4 µm، ويتراوح عددها بين 200.000 و400.000 في كل µL من الدم.

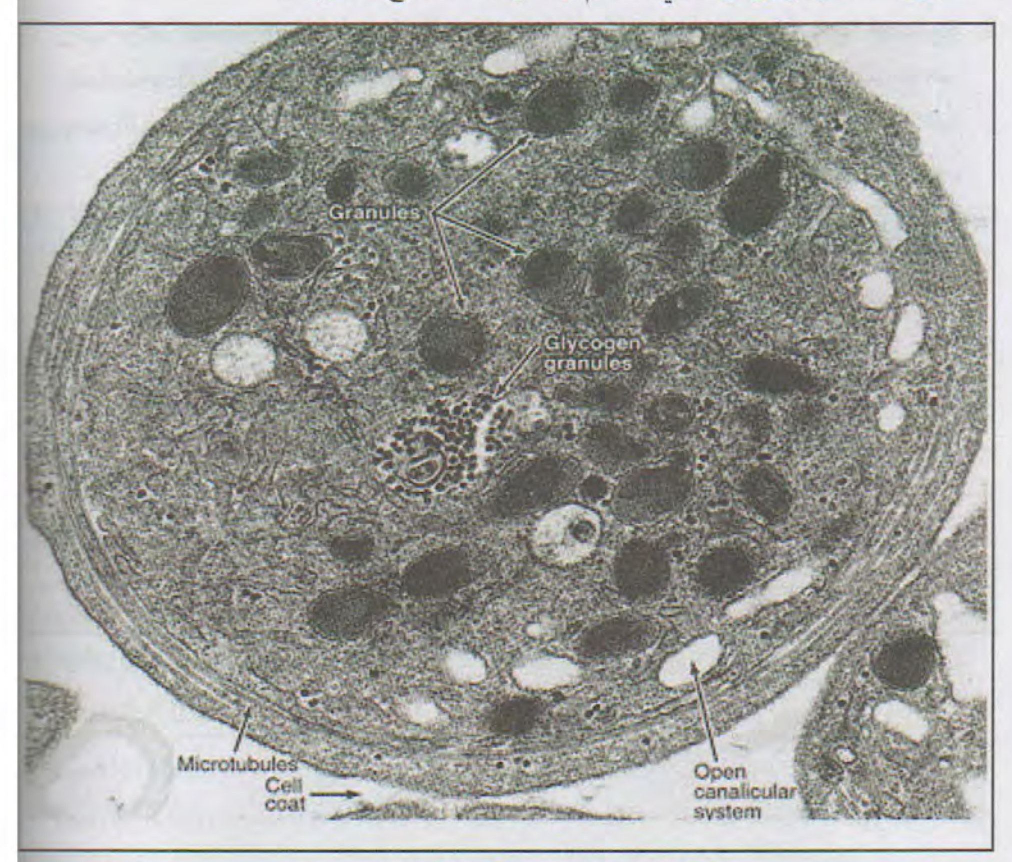
ب. تنشأ من تشظي **خلايا كثيرة النوى megakaryocytes** في نخاع العظم.

ج. تتكون من مناطق خارجية شفافة تصطبغ بلون أزرق باهت، وتسمى **الجزء الشفاف hyalomere**، وتحيط بمناطق مركزية تحتوي حبيبات أرجوانية، وتدعى **الجزء الحبيبي granulomere** (شكل 11).

د. تحتوي **نظام قنيات مفتوحة open canalicular system** يربط انغمادات غشاء البلازما مع بعضها (شكل 11)، ويرجح أن هذا النظام يسهل إطلاق الجزيئات المعنية بتخثر الدم.

هـ. يحتوي الجزء الشفاف حزماً من **أنيبيبات دقيقة microtubules** تدعم شكل الصفائح.

كذلك، يوجد في هذا الجزء **نظام أنيبيبات كثيف dense tubular system**، إضافة إلى جزيئات أكتين وميوسين التي تساهم في حركة الصفائح الدموية .



(**شكل** 11) صورة مجهرية إلكترونية لمقطع في صفيحة دم

و. يوجد على سطح الغشاء الخلوي غلاف من كربوهيدرات بروتينية وبروتينات كربوهيدراتية، ويعمل على التصاق الصفائح بمنطقة التخثر.

ز. يوجد في الجزء الحبيبي جزيئات جلايكوجين وعدد قليل من الميتوكوندريا، إضافة إلى عدة أنواع من الحبيبات، وهي:

1. **حبيبات دلتا delta granules** أو **الأجسام الداكنة dense bodies**، يتراوح قطرها بين 250 و300 µm، وتحتوي **أيونات كالسيوم** وADP وATP **وسيروتونين serotonin**.
2. **حبيبات ألفا alpha granules**، ويتراوح قطرها بين 300-500 nm، وتحتوي مولد الليف وعدة بروتينات أخرى.
3. **حبيبات لامبدا lambda granules**، وتحتوي إنزيمات تفكك ألياف الخثرة.

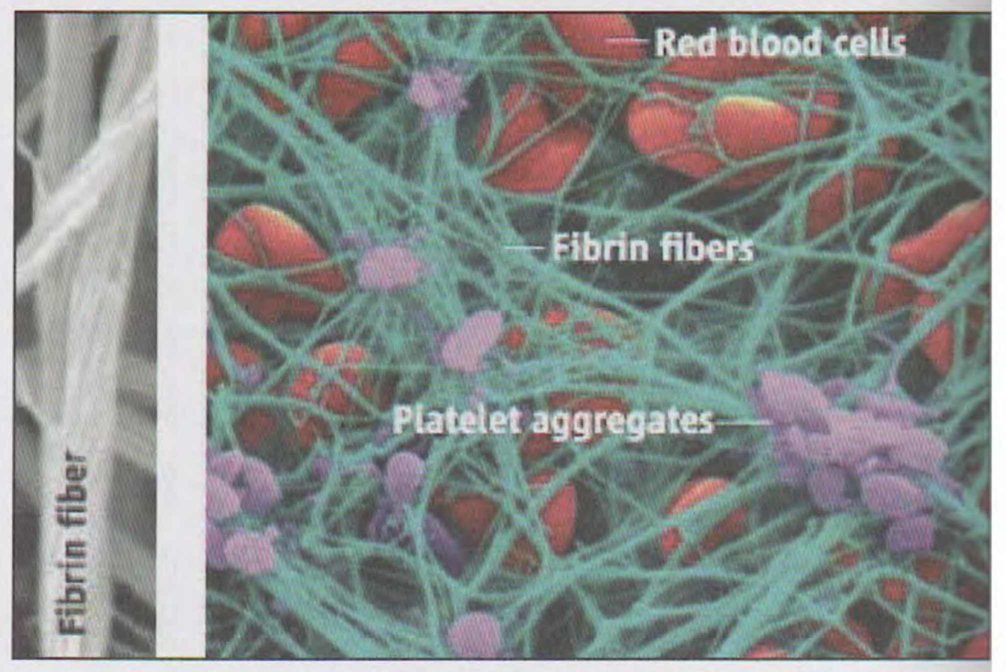
2.3 تكوّن الخثرة الدموية

يمر تكوين الخثرة الدموية بعدة مراحل أبرزها:

أ. **تجميع أولي primary aggregation**: حيث تتجمع الصفائح الدموية فوق ألياف كولاجين عند منطقة الجرح في بطانة الأوعية الدموية (شكل 12) وتكوّن **سدادة صفائح platelet plug**.

ب. **تجميع ثانوي secondary aggregation**: وفيه تطلق الصفائح محتوياتها من حبيبات ألفا ودلتا، وكذلك ADP الذي يعزز تجميع الصفائح.

ج. **تخثر الدم blood coagulation**: حيث تحدث سلسلة تفاعلات بين حوالي 13 نوعا من البروتينات بوساطة عوامل تطلق من بلازما الدم والأوعية الدموية المعطوبة، وينتج عن هذه التفاعلات مبلمر **الليف (فايبرن) fibrin** الذي يشكل شبكة ليفية تحيط بخلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية، ويسمى ناتج هذا النشاط **خثرة الدم blood clot thrombus** (شكل 12).



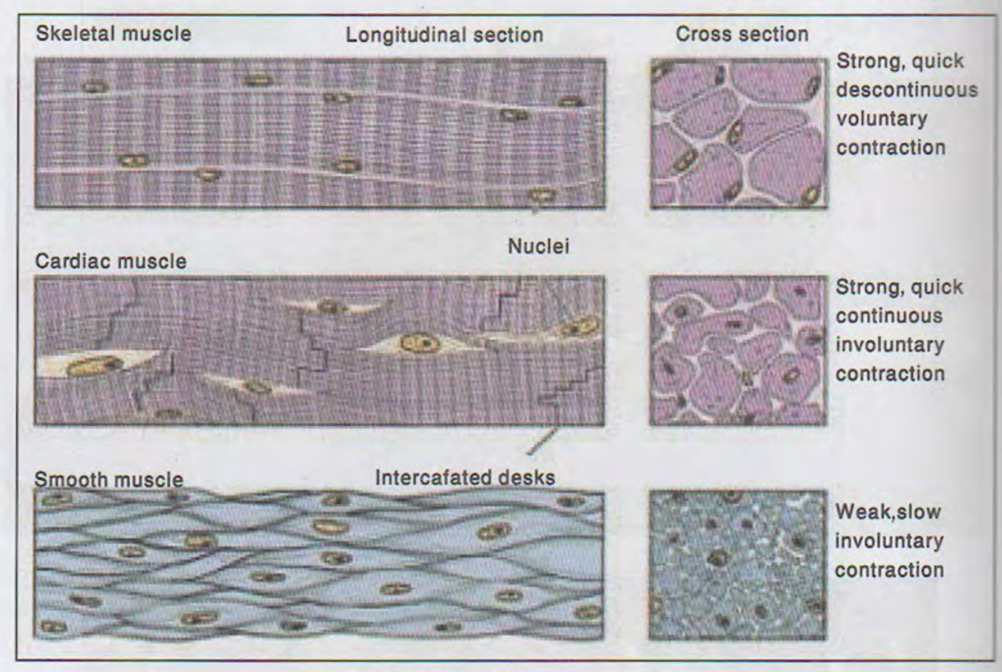
(**شكل** 12) مكونات خثرة الدم (يمين) ويظهر إلى اليسار ليف خثرة كما يبدو في مجهر إلكتروني ماسح

د. **تراجع الخثرة clot retraction** نتيجة التفاعل بين جزيئات أكتين وميوسين في الصفائح الدموية و بوجود ATP ويؤدي ذلك إلى انكماش ألياف الخثرة.

هـ. **إزالة الخثرة colt removal** بزوال أليافها عبر تفاعلات تشمل إنزيمات حالّة (من حبيبات لامدا)، أبرزها إنزيم **بلازمن plasmin** الذي تفرزه بطانة الأوعية الدموية.

الفصل السادس
الأنسجة العضلية
6 Muscular Tissues

تتكون الأنسجة العضلية من خلايا متمايزة تحتوي بروتينات انقباضية، تولّد القوى اللازمة لتحريك جسم الإنسان وبعض أعضائه. ويمكن تصنيف الأنسجة العضلية إلى ثلاثة أنواع، هي: الهيكلية والقلبية والملساء. وتتألف العضلات الهيكيلة من ألياف أسطوانية طويلة ومخططة عرضياً تنقبض إرادياً وبسرعة. وتتكون العضلات القلبية من ألياف طويلة ومتفرعة لها تخطيطات عرضية، وتتصل مع بعضها بواسطة أقراص بينية، ويكون انقباضها لا إرادياً وقوياً ومنتظماً. أما العضلات الملساء فإنها تتشكل من ألياف مغزلية الشكل لا تظهر أي تخطيطات عرضية، وتنقبض لا إرادياً وببطء (شكل 1) .



(**شكل** 1) رسم يبين سمات الأنسجة العضلية الثلاثة

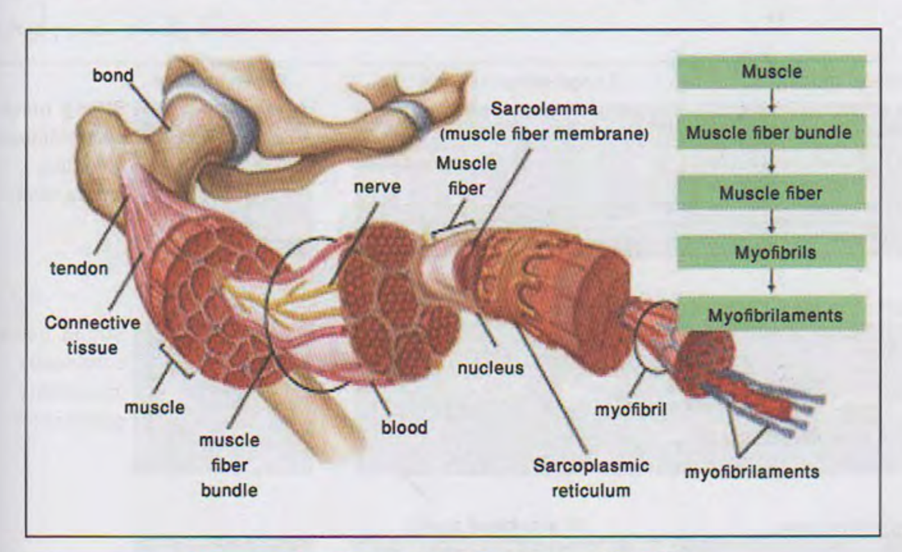
1. العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

1.1 خصائص العضلات الهيكلية

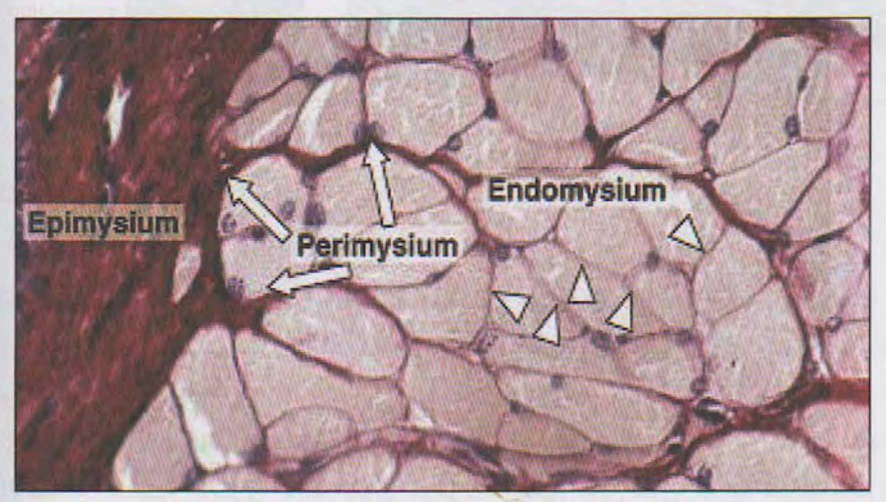
أ. تتشكل كل عضلة من ألياف، وهي خلايا أسطوانية طويلة يتراوح قطرها بين 10 و100 µm. ويعتمد هذا التفاوت في قطر الخلايا العضلية على عوامل مثل التمارين الرياضية ونوع الغذاء والعمر والجنس.

ب. تحتوي كل خلية عضلية عدة نوى تقع تحت الغشاء الخلوي (شكل 1)، وبذلك تختلف عن الأنسجة العضلية الأخرى ذات النوى المركزية. ويظهر على طول الخلية تخطيطات داكنة وأخرى فاتحة (شكل 1)

ج. تتألف كل عضلة من حزم **bundles** من الألياف التي تحاط جميعها بغلاف مكون من نسيج ضام كثيف يدعى الغلاف **العضلي الخارجي epimysium** (شكل 3.2). وتمتد من هذا الغلاف حواجز تحيط بكل حزمة، ويشكل كل حاجز الغلاف **العضلي المحيطي perimysium**. كذلك فإن كل **ليف عضلي muscle fiber** يحاط بنسيج ضام رقيق يتكون من ألياف شبكية وصفيحة قاعدية. ويدعى هذا المحيط الغلاف **العضلي الداخلي endomysium** (شكل 3.2). وتحتوي الأنسجة الضامة المشار إليها شبكة وفيرة من الشعيرات الدموية والأوعية اللمفاوية.



(**شكل** 2) رسم يبين مستويات التنظيم في النسيج العضلي الهيكلي

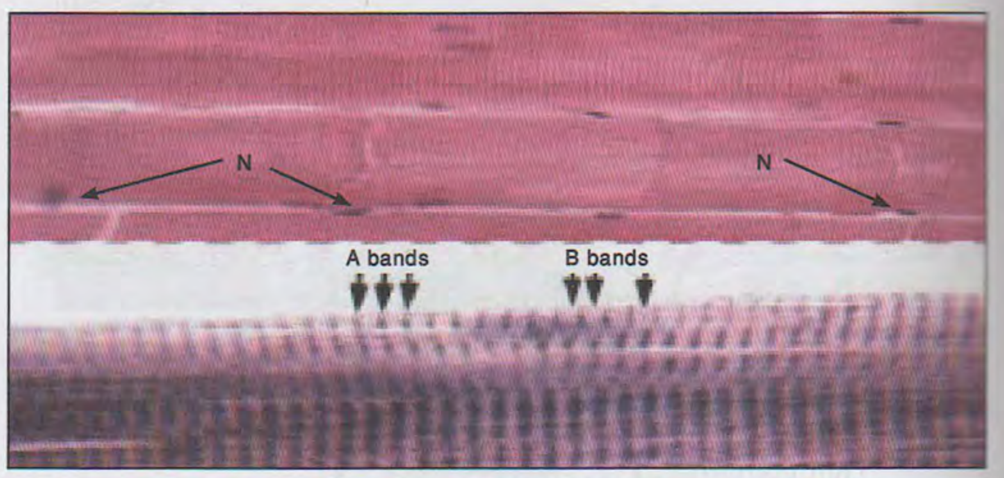


(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية لنسيج عضلي هيكلي يبين الأغلفة المحيطة

2.1 التركيب المجهري للعضلات الهيكلية

أ. عند دراسة مقاطع طويلة من نسيج عضلي هيكلي مصبوغة ب هيماتوكسلين وإيوسين تظهر تخطيطات عرضية داكنة تتوالى مع مناطق فاتحة (شكل 4)، وتدعى الحزم الداكنة حزم A وذلك إشارة إلى كلمة **anisotropic** التي تعني أن الحزم تغير شدة الضوء المستقطب، وتسمى الحزم الفاتحة حزم I وذلك إشارة إلى كلمة **isotropic** التي تعني أن الحزم لا تغير شدة الضوء المستقطب. كما يظهر في هذا الشكل تكون نوى الخلايا طرفية.

ب. تحتوي كل خلية عضلية حزما من خييطات أسطوانية تدعى **الليفات العضلية myofibrils**، لها قطر يتراوح بين 1-2 μm (شكل 4).



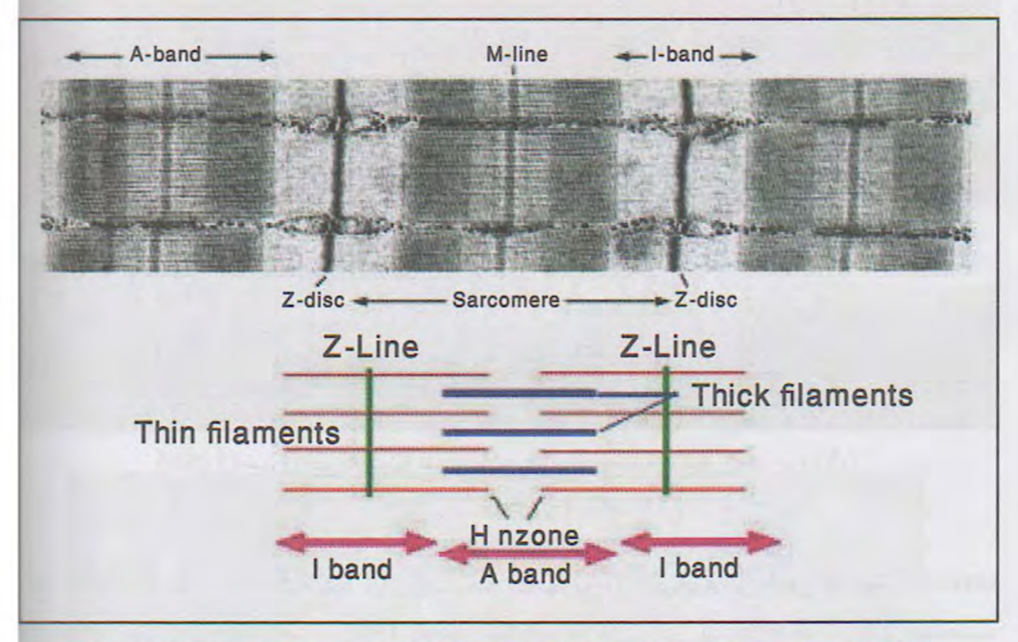
(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية لمقاطع طولية في ليفات عضلية هيكلية. لاحظ حزم (A) الداكنة وحزم (I) الفاتحة و النوى الطرفية (N)

ج. تتكون الليفات العضلية كما تبين الدراسة المجهرية الإلكترونية من **قطع عضلية sarcom-eres** تمتد من منتصف حزمة I (وهو خط مستعرض داكن يدعى خط Z) إلى منتصف حزمة ثانية (شكل 5 – 7)، ويبلغ طول كل قطعة عضلية في حالة الاسترخاء حوالي 2.5 μm.

د. تبين الدراسة المجهرية الإلكترونية أن نمط التخطيط في القطع العضلية يعود إلى وجود خييطات غليظة تدعى **ميوسين myosin** في حزمة A وأخرى نحيفة تسمى **أكتين actin** في حزمة I، تتوازى مع المحور الطولي لليفات العضلية (شكل 5، 6).

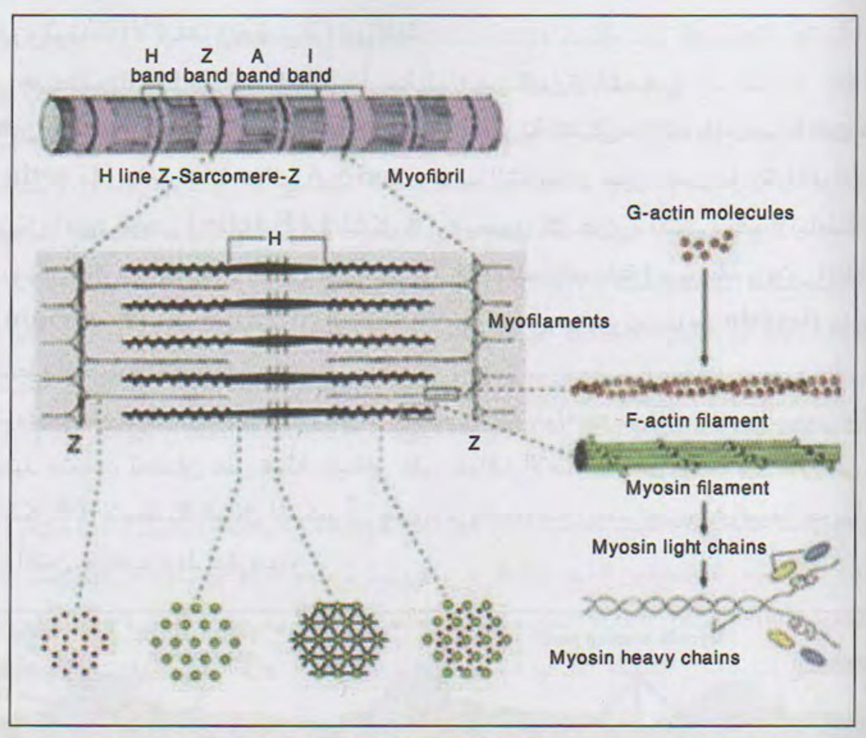
هـ. يبلغ طول الخييطات الغليظة حوالي 1.6 μm، بينما يكون عرضها حوالي 15 nm وهي تشغل حزمة A في وسط القطعة العضلية. وتتوازى الخييطات النحيفة التي يبلغ طولها 1.0 μm وسمكها 8 nm مع الخييطات الغليظة وتنتشر حولها بنمط محدد، كما يظهر من الشكل 6.

كذلك يظهر من هذا الشكل أن هذه الخييطات النحيفة تتصل بخط Z عند طرفي **القطعة العضلية sarcomeres**، ونلاحظ أيضاً أن حزمة I تتكون من خييطات نحيفة لا تتداخل مع الخييطات الغليظة، بينما تتألف حزمة A من خييطات غليظة متداخلة مع خييطات نحيفة، بحيث توجد ستة خييطات نحيفة حول كل خييط غليظ (شكل 6). وكما نلاحظ في الشكل 6، يوجد وسط كل حزمة غليظة منطقة تحتوي خييطات ميوسين فقط، ويطلق عليها حزمة H التي يقع في مركزها منطقة غليظة تشكل خط M، وهي منطقة ارتباط خييطات غليظة متجاورة (شكل 5-6). ومن أهم بروتينات هذه المنطقة إنزيم **كرياتين كاينيز creatine kinase** الذي يحفز نقل مجموعة فوسفات من كرياتين المفسفر إلى ADP لتكوين ATP اللازم للانقباض العضلي.

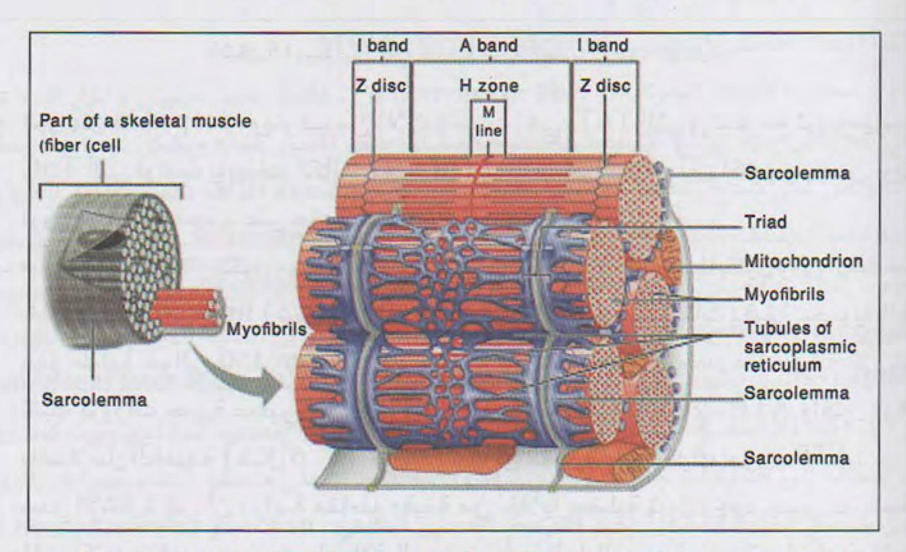


(**شكل** 5) صورة مجهرية إلكترونية تبين مكونات القطعة العضلية (فوق)، ومخطط يبين هذه المكونات (تحت)

وتحتوي الخلية العضلية شبكة **عضلية داخلية sarcoplasmic reticulum** وافرة (شكل 7)، إضافة إلى أعداد كبيرة من الميتوكوندريا وحبيبات جلايكوجين، والبروتين العضلي **ميوجلوبين myoglobin** الذي يرتبط مع الأكسجين.



(**شكل** 6) رسم يبين التنظيم العضلي الهيكلي على المستوى الجزيئي. لاحظ المقاطع العرضية (الخط السفلي) التي تبين علاقة خييطات أكتين و ميوسين



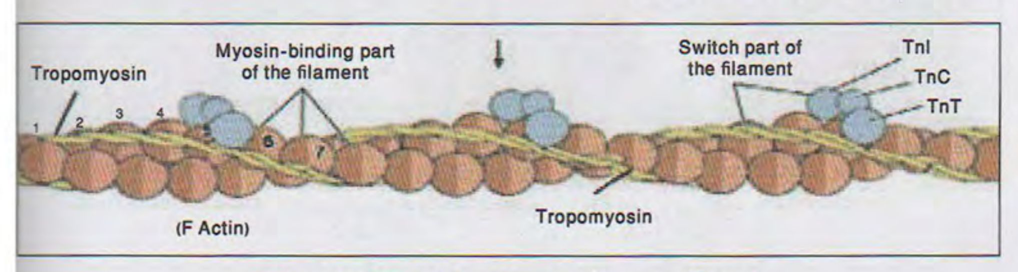
(**شكل** 7) رسم يبين توزيع الشبكة العضلية الداخلية حول خييطات خلية عضلية هيكلية. لاحظ العلاقة بين هذه الشبكة والأنيبيبات المستعرضة

3.1 بروتينات الألياف العضلية الهيكلية

تحتوي **خييطات fibrils** الخلايا العضلية أربعة أنواع من البروتينات، هي:

أ. **أكتين actin**: ويتوفر على هيئة مبلمرات خييطية طويلة تتشكل من شريطين من **أكتين حبيبي** (**G actin**) بقطر يبلغ حوالي 6-5 nm ، ويلتف الشريطان حول بعضهما ليكونّا لولبا ثنائياً يشكل **أكتين خيطي** (**F actin**) (الشكل 8). ويحتوي كل جزيء أكتين موقع ارتباط لجزيء ميوسين، وترتكز خييطات أكتين على خط Z (في القطعة العضلية) بوساطة بروتين **ألفا أكتنين** (**a- actinin**)، حيث يعتقد أن البروتين الأخير يعمل مع بروتين **دزمن desmin** على ربط القطع العضلية المتجاورة.

ب. **تروبوميوسين tropomyosin**: وهو جزيء دقيق يبلغ طوله حوالي 40 nm ويتألف من سلسلتي ببتيد متعدد، تمتدان على هيئة خيطين على حواف الأخاديد التي توجد بين شريطي أكتين (شكل 8). لاحظ في الشكل المذكور أن جزيء تروبوميوسين يمتد على مدى سبعة جزيئات من G أكتين، وأنه يرتبط بـ تروبونن.



(**شكل 8**) رسم يبين أنواع البروتينات في الخلايا العضلية الهيكلية

ج. **تروبونن troponin** : ويتركب من ثلاث وحدات، هي: TnT التي ترتبط مع تروبوميوسين، و TnC التي ترتبط بأيونات الكالسيوم، و TnI التي تثبط التفاعل بين أكتين وميوسن. ويتصل تروبونن بموقع محدد على جزيء تروبوميوسين (شكل 8).

د. **ميوسين myosin**: يتكون من سلسلتين ثقيلتين **heavy chains** متطابقتين ومن أربعة **سلاسل خفيفة light chains** (شكل 6). أما السلاسل الثقيلة فهي جزيئات دقيقة عصوية الشكل. يبلغ طولها حوالي 150 nm ويتراوح سمكها بين 2-3 nm. ويوجد عند نهاية كل سلسلة ثقيلة بروزات حبيبة صغيرة تشكل رؤوساً، لها مواقع ارتباط بجزيء ATP وأكتين، وكذلك بالسلاسل الخفيفة (شكل 6 ، 8). ولهذه الرؤوس القدرة على تفكيك جزيء ATP.

تجدر الإشارة إلى أن دراسة مقاطع رقيقة من خلايا عضلية تبين وجود جسور عرضية بين خييطات أكتين ورؤوس ميوسين، إضافة إلى بعض أجزائها العضوية، ويعتقد أن لهذه الجسور علاقة مباشرة بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية.

4.1 الشبكة العضلية الداخلية Sarcoplasmic Reticulum

تتكون هذه الشبكة من كييسات متداخلة ومتشعبة تحيط بكل ليف عضلي (شكل 6.5). وتكمن أهمية هذه الشبكة في كونها تختزن أيونات Ca^{++}، التي تطلق عند وصول السيال العصبي إلى أغشيتها. ولقد أشرنا سابقاً لدور هذه الأيونات في عملية التجسير بين أكتين وميوسين. وعند انتهاء موجة السيال العصبي تعاد أيونات الكالسيوم إلى كييسات الشبكة، ويتوقف الانقباض العضلي.

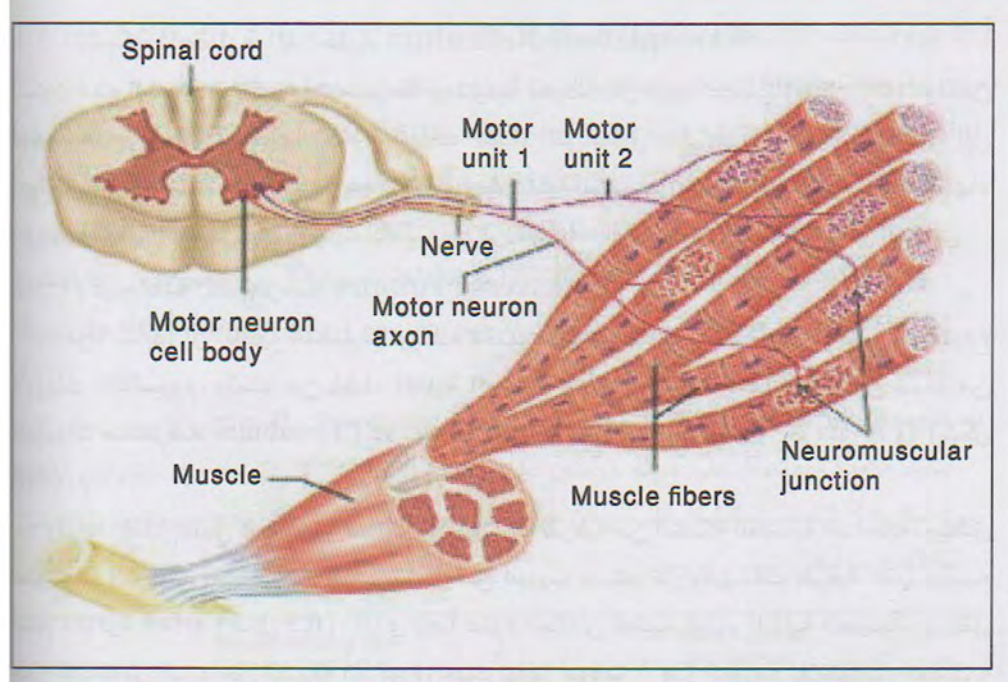
5.1 الأنيبيبات المستعرضة Transverse Tubules

ذكرنا سابقاً أن الخلية العضلية الهيكلية تحتوي شبكة عضلية داخلية وافرة، تعمل كمستودع لأيونات الكالسيوم، وتمتد من غشاء **الخلية العضلية sarcolemma** انغمادات تشكل شبكة من **أنيبيبات مستعرضة transverse (T) tubules** توجد عند منطقة اتصال حزمتي A وI (شكل 6.5).

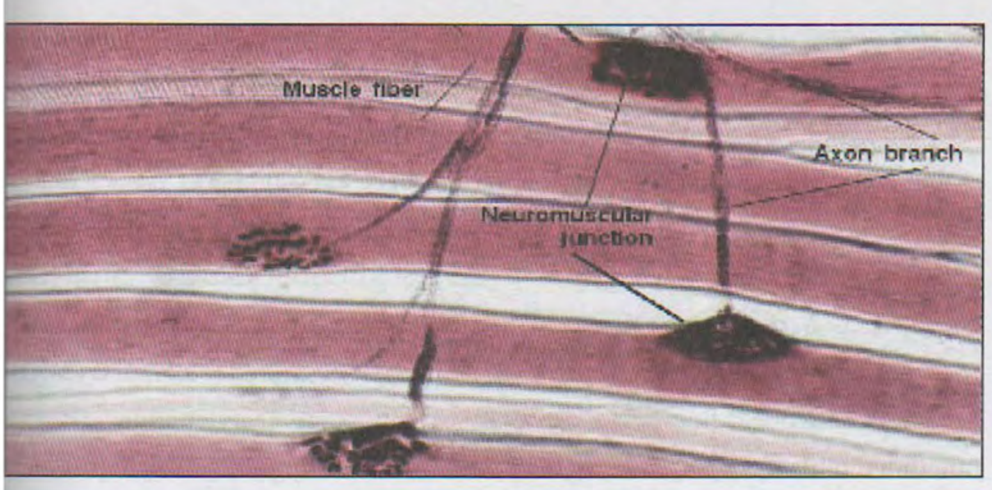
وتوجد عند جانبي كل أنيبيب مستعرض كييسات طرفية من الشبكة العضلية الداخلية، ويطلق على هذا التركيب المتخصص الذي يتشكل من أنيبيب مستعرض وكييسات طرفية عند جانبيه اسم **الثالوث triad** (شكل 6.5)، الذي يبدأ عنده انعكاس قطبية غشاء الخلية العضلية. وينتقل هذا الانعكاس إلى داخل الشبكة المذكورة، حيث تطلق **أيونات Ca^{++}** اللازمة للانقباض العضلي، لتصل إلى محيط خييطات أكتين وميوسن التي ترتبط بجزيئات تروبونن. بعد ذلك يتم تجسير تلك الخييطات، وبالتالي انقباض الخلية العضلية. وكي نفهم آلية الانقباض العضلي، يجدر بنا دراسة الترابط العضلي العصبي أولاً.

6.1 الترابط العضلي العصبي Myoneural Junction

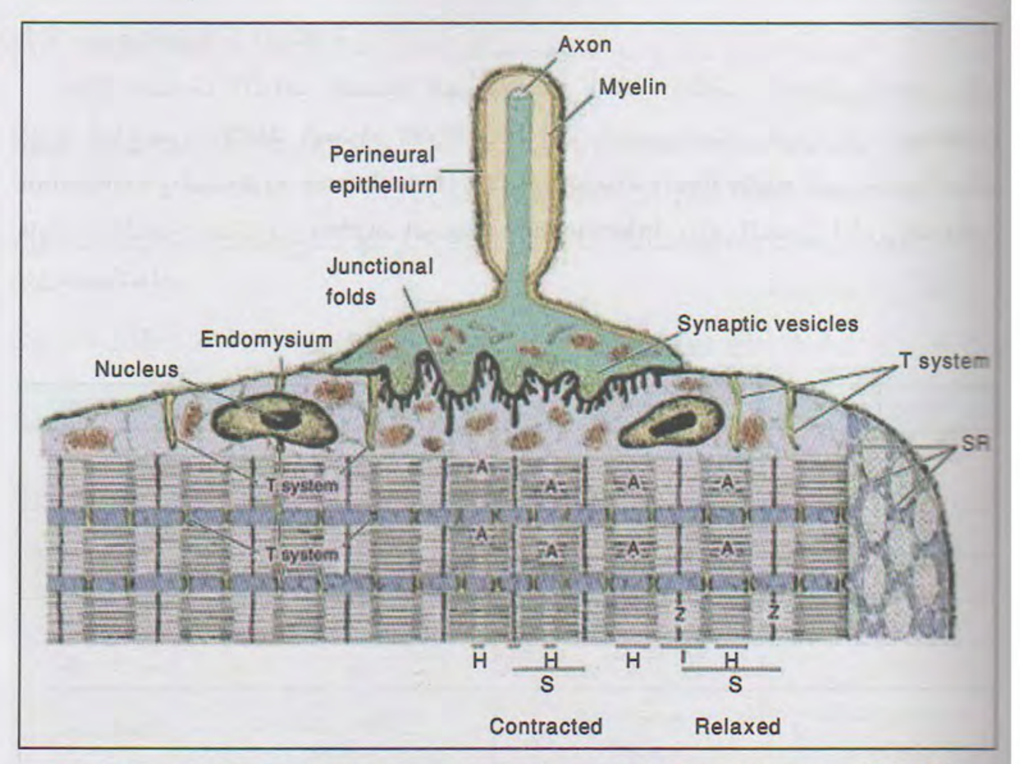
تتفرع **محاور الألياف الحركية motor nerve fibers** المحاطة بغمد ميليني داخل الغلاف العضلي المحيطي. وفي مواقع الارتباط بالنسيج العضلي يفقد المحور غمده ويشكل نهايات متسعة داخل أحواض على سطح الخلية العضلية (شكل 9 ، 10). وفي هذه المواقع تكون محاور الخلايا العصبية مغطاة بطبقة سيتوبلازمية رقيقة من **خلايا شفان Schwann cells**. وتوجد في النهايات التي أشرنا إليها عدة ميتوكوندريا و**حويصلات ترابطية synaptic vesicles** تحتوي الناقل العصبي **أستل كولين acetylcholine**. ويسمى الحيز بين نهاية العصب وحوض الخلية العضلية **شق الترابط synaptic cleft** الذي يظهر في غشاء الخلية العضلية على هيئة **ثنايا ترابطية junctional folds** (شكل 9). وكما نلاحظ في هذا الشكل، يحتوي سيتوبلازم الخلية العضلية عدة نوى وميتوكوندريا كثيرة، إضافة إلى جسيمات جلايكوجين وريبوسومات. ويطلق على منطقة التقاء نهايات المحور العصبي بسطح الخلية العضلية إسم **الترابط العصبي العضلي neuromuscular junction** أو **نهاية الصفيحة المحركة motor end plate** (شكل 9-11).



(شكل 9) رسم يبين العلاقة بين نهايات محور عصبي وألياف عضلية ومنطقة الترابط العصبي العضلي



(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية تبين العلاقة بين نهايات محور عصبي وألياف عضلية ومنطقة الترابط العصبي العضلي



(**شكل** 11) رسم يبين التركيب الدقيق لمنطقة الترابط العضلي العصبي. لاحظ ثنايا غشائي الخلية العصبية والخلية العضلية وكذلك وجود أعداد كبيرة من الميتوكوندريا في جانبي الترابط. S= قطعة عضلية؛ SR= شبكة إندوبلازمية عضلية

7.1 آلية الانقباض العضلي

يعالج الانقباض العضلي بالتفصيل في مادة فسيولوجيا الحيوان، وفي هذا المساق سنشير إلى هذه الآلية بإيجاز كبير. بداية، تجدر الإشارة إلى أن القطع العضلية تحتوي في حالة الاسترخاء، خيطات أكتين وميوسن متداخلة جزئياً. ونظراً لأن هذه الخيطات تحافظ على أطوالها الأصلية أثناء الانقباض، الذي ينشأ عن زيادة التداخل بين الخيطات، تعتبر فرضية **الانزلاق الخيطي** **sliding filament** الأكثر رواجاً لتفسير آلية انقباض العضلات الهيكلية.

8.1 إنتاج الطاقة في العضلات الهيكلية

تتوفر الطاقة اللازمة لانقباض العضلات الهيكلية من مصدرين هما ATP **وكرياتين المفسفر** **phosphocreatine**. كذلك، تتوفر الطاقة في جزيئات جلايكوجين التي تشكل حوالي 1% من وزن الخلية العضلية. وبشكل عام، فإن الأنشطة التي تتطلب طاقة فورية ولفترة قصيرة، كما في حالة رفع الأثقال أو الغطس، تعتمد كلياً على مخزون الخلايا العضلية من ATP وكرياتين المفسفر. أما الأنشطة التي تتطلب طاقة لفترة طويلة فإنها تعتمد على التنفس اللاهوائي، ويتأتى عن ذلك تكوين **الحمض اللبني** **lactic acid** الذي يؤدي تراكمه في الخلايا إلى ألم شديد.

9.1 أنواع العضلات الهيكلية

يمكن تصنيف الألياف العضلية الهيكلية على أساس وظيفي وكيميائي نسيجي إلى ثلاثة أنواع هي: **الألياف الحمراء red fibers** التي تحتوي كميات كبيرة من **الميوجلوبين myoglobin** و**السيتوكروم cytochrame**، و**الألياف البيضاء white fibers** التي تحتوي كميات قليلة من المادتين المذكورتين و**الألياف الوسيطة intermediate**. ويبين الجدول 1 أبرز الفروقات بين هذه الأنواع.

جدول (1): الفروقات بين الألياف العضلية الهيكلية

الصفة	الألياف الحمراء	الألياف البيضاء	الألياف الوسيطة
عدد الميتوكوندريا	كثير	قليل	متوسط
كمية الميوجلوبين	كثيرة	قليلة	متوسطة
كمية السيتوكروم	كثيرة	قليلة	متوسطة
سرعة الانقباض	بطيئة	سريعة	متوسطة
فترة الانقباض	طويلة	قصيرة	متوسطة
مصدر الطاقة	فسفرة التأكسد	تفكك جلايكوجين اللاهوائي	تفكك جلايكوجين اللاهوائي
مكان وجودها	عضلات الأطراف وصدر الطيور المهاجرة	عضلات صدر الدجاج وعين الإنسان	بقية عضلات الجسم

10.1 تزود العضلات الهيكلية بالدم والأعصاب

تتزود العضلات الهيكلية بوفرة من الشرايين التي تخترق الغلاف العضلي الخارجي والتي تنتهي كشعيرات تحيط بالألياف العضلية، كما يوجد في محيط الألياف العضلية وريّدات وشعيرات لمفاوية. ويمكن أن يُعصب الليف العصبي ليفاً عضلياً واحداً، أو قد يتفرع ليُعصِب أكثر من مائة خلية عضلية. وتشكل الألياف العضلية مع الليف العصبي المرتبط معها **وحدة حركية motor unit**.

2. العضلات القلبية Cardiac Muscles

1.2 خصائص العضلات القلبية

توجد هذه العضلات في جدر القلب وكذلك في الأوردة الرئيسية التي تصب في القلب. وتتمثل خصوصية العضلات القلبية في قدرتها على الإنقباض لا إراديا وبإيقاع مستمر. وعلى الرغم من

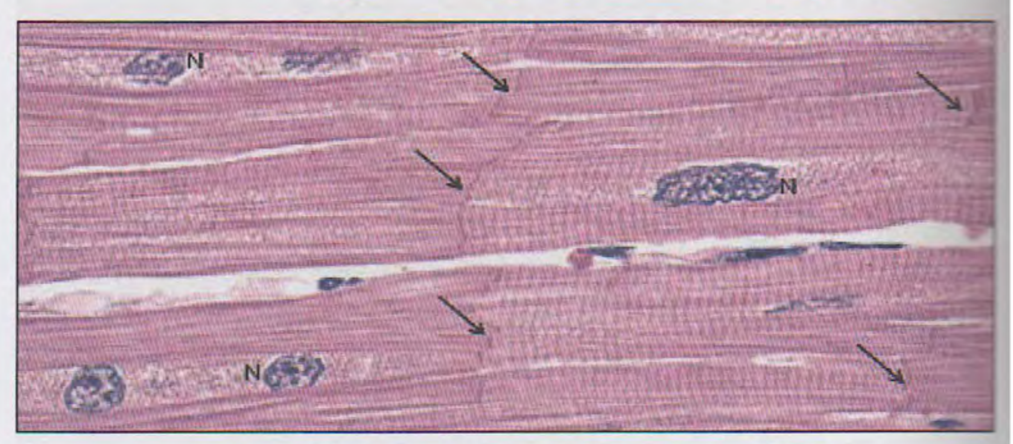
أن الألياف العضلية القلبية تتشابه مع الألياف العضلية الهيكلية في كونها مخططة، إلا أنها تختلف عنها بعدة أمور هي:

أ. لا تكوّن **مدمجات خلوية syncytia**، بل تتشكل من وحدات خلوية تتصل بـ **أقراص بينية intercalated disks** تظهر على هيئة أدراج (شكل 12).

ب. لا تظهر على هيئة وحدات بسيطة أسطوانية الشكل، بل إنها تتفرع وتتصل مع ألياف متجاورة لتكوّن شبكة ليفية.

ج. لها نواى مركزية الموقع، ويتراوح عددها في الخلية الواحدة بين واحدة واثنتين (مقابل عدة نوى في الخلية العضلية الهيكلية).

د. لها طول يتراوح بين 90 و 100 µm، بينما يبلغ قطرها حوالي 15 µm.



(**شكل** 12) صورة مجهرية ضوئية لألياف عضلات قلبية. لاحظ الأقراص البينية (أسهم) والتخطيطات والنوى (N)

2.2 الأقراص البينية Intercalated Disks

تميّز هذه الأقراص الألياف العضلية القلبية، وهي تمثل مواقع ارتباط بين خلايا متجاورة، وتظهر هذه الأقراص على هيئة أدراج. وبدراسة هذه الأقراص بالمجهر الإلكتروني النافذ يمكن تمييز منطقتين: **الجزء المستعرض transverse portion** الذي يتعامد مع الألياف العضلية و**الجزء الجانبي lateral portion** الذي يتوازى معها (شكل 13). ويحتوي الجزء المستعرض **منطقة اتصال zonula adherens** التي تعمل كمواقع تثبيت لخييطات أكتين بغشاء الخلية العضلية، و**أجسام رابطة desmosomes** تشد الخلايا المتجاورة بقوة، وتمنعها من الانفصال أثناء الانقباض العضلي. أما الجزء الجانبي فيحتوي **روابط فجوية gap junctions** (شكل 13)، تزود الخلايا المتجاورة بالتواصل الأيوني، وهذا ما يسرّع انتشار موجة الانقباض العضلي في جدر القلب بتناسق كبير.



(**شكل 13**) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية عضلية قلبية تبين قرصاً بينياً. M= ميتوكوندريون؛ رأس سهم يشير إلى رباط فجوي وسهم يبين جسماً رابطا.

3.2 التركيب الدقيق للعضلات القلبية

تتصف الخلايا العضلية القلبية بالنقاط التالية:

أ. غشاء البلازما دقيق ويمتد منه أنيبيبات مستعرضة عند مستوى حزمة Z وليس عند ترابط حزمتي A و I (كما في العضلات الهيكلية). والثلاثيات **triads** في هذه الخلايا قليلة، ذلك أن الأنيبيبات المستعرضة عادة ما تكون مرتبطة بجهة واحدة من كييسات الشبكة العضلية الداخلية. ولذلك، فإن للعضلات القلبية **ثنائيات diads**.

ب. الشبكة العضلية الداخلية أقل وفرة منها في الخلايا العضلية الهيكلية، وتتوزع بشكل غير منتظم بين الخييطات العضلية.

ج. توجد عدة ميتوكوندريا تشغل حوالي 40% من جسم السيتوبلازم، مقابل نسبة 2% من حجم سيتوبلازم الخلايا العضلية الهيكلية. وتعد الأحماض الدهنية المصدر الرئيسي للطاقة في الألياف العضلية القلبية، حيث تخزن هذه الأحماض على هيئة **جليسرايدات ثلاثية triglycerides** في قطيرات دهنية.

د. تحتوي كميات قليلة من الجلايكوجن بخلاف الألياف العضلية الهيكلية.

3. العضلات الملساء

تتكون هذه العضلات من ألياف مغزلية الشكل تحاط بطبقة قاعدية وألياف شبكية. وتوجد هذه العضلات في الأعضاء التي تتحرك لا إرادياً كما في المعدة والأمعاء وقنوات التناسل والإخراج والتنفس، وكذلك في جدر الأوعية الدموية. وفي هذه الأماكن تنتظم الخلايا العضلية الملساء على هيئة صفائح كبيرة مما يساعد بانقباض النسيج العضلي كوحدة مدمجية.

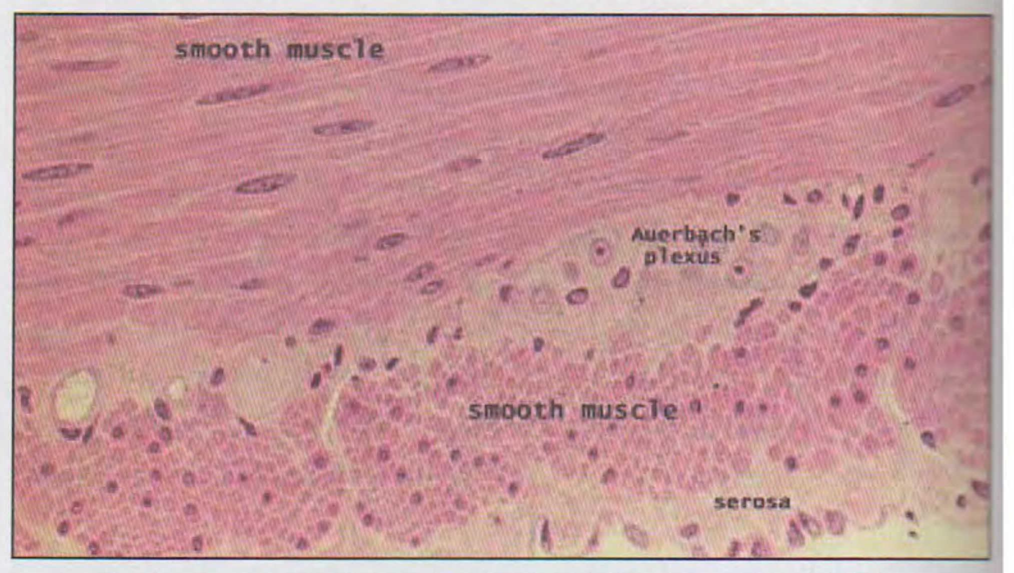
1.3 صفات الخلايا العضلية الملساء

أ. لها شكل مغزلي، ولذلك فهي عريضة في الوسط و مدببة عند الطرفين (شكل 14).

ب. يتراوح طولها بين 15 و 20 µm، وقد يصل هذا الطول إلى حوالي 500 µm كما في رحم إمرأة حامل.

ج. لها نوى مركزية المواقع (شكل 14).

د. تنتظم بحيث يقع الطرف المستدق لكل خلية بجوار "بطن" خلية مجاورة. ولذلك، فإن مقطعاً عرضياً في نسيج عضلي أملس يظهر النوى في الأجزاء الخلوية العريضة فقط (شكل 14).



(**شكل** 14) صورة مجهرية ضوئية لخلايا عضلية ملساء بمقطع طولي (فوق) و بمقطع عرضي (تحت)



(**شكل** 15) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية عضلية ملساء تبين عدة ميتوكوندريا ونواة مركزية.

هـ. تحتوي شبكة عضلية داخلية بدائية، ولا تحتوي أية أنيبيبات مستعرضة.

و. تتجمع عدة ميتوكوندريا عند قطبي كل نواة (شكل 15)، إضافة إلى شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة وريبوسومات حرة وجسم جولجي نام.

ز. لا تنتظم خييطات أكتين وميوسين في الترتيب كما في الألياف العضلية الهيكلية، بل إنها تتقاطع في الخلية العضلية الواحدة لتكوّن نظاماً شبكياً.

ح. إضافة إلى خييطات أكتين وميوسن، تحتوي الخلايا العضلية الملساء خييطات متوسطة، تتكون من بروتينات أبرزها **دزمن desmin** و**فايمنتن vimentin**.

2.3 إعصاب العضلات الملساء

تُعصب العضلات الملساء بـ **أعصاب ودية sympathetic** و**نظيرودية parasympathetic** ولا توجد في هذا النسيج مناطق ترابط عضلي عصبي متطورة، كما في النسيج العضلي الهيكلي. وغالباً ما نلاحظ نهايات محاور الأعصاب الذاتية على هيئة مجموعات من الانتفاخات في النسيج الضام المحيط. تستلم أغشية الخلايا الملساء نهايات عصبية تطلق الناقل العصبي **أستل كولين acetylcholine** أو **أدرنالين adrenaline** اللذين يؤثران على الخلايا العضلية بطريقة مضادة. وفي بعض الأعضاء يكون تأثير الناقل الأول محفزاً، بينما يكون هذا التأثير مثبطا للناقل الثاني، وقد يكون الوضع معاكساً لذلك في أعضاء أخرى. ونظراً لأن العضلات الملساء تنقبض تلقائياً بغياب أي منبه عصبي، فإن تزود هذه العضلات بالأعصاب يضبط الانقباض ولا يستهلّه.

وفي نهاية حديثنا عن الأنسجة العضلية، فإننا نلخص أهم خصائصها في الجدول رقم 2.

جدول (2): أهم خصائص أنواع العضلات

نوع العضلات	الانقباض	موقع وعدد النوى	الشكل	التخطيطات
هيكلي	قويّ، إرادي متقطع، سريع	طرفي، أكثر من أثنتين	اسطواني	موجودة
قلبية	قوي، متواصل، سريع، لا إرادي	مركزي 1-2	اسطواني	موجودة
ملساء	ضعيف ، بطيء ، لا إرادي	مركزي، واحد	مغزلي	غير موجودة

الفصل السابع

7 الأنسجة العصبية والجهاز العصبي

Nervous Tissues & The Nervous System

يعتبر الجهاز العصبي أكثر أجهزة الجسم تعقيداً، ويتشكل هذا الجهاز من حوالي مائة بليون خلية عصبية، تتوزع في جميع أنحاء الجسم كشبكة اتصالات مترابطة. ويتكون النسيج العصبي من **خلايا عصبية (عصبونات) neurons**، تنقل منبهات من داخل الجسم وخارجه إلى الجهاز العصبي المركزي، وتحمل الاستجابات من هذا الجهاز إلى الجهات المتأثرة التي قد تكون خلايا عصبية أخرى، أو خلايا عضلية أو غديه. كذلك، فإن **الدبق العصبي neuroglia**، الذي يوفر الحماية والدعم والتغذية والدفاع للخلايا العصبية، يشكل نوعا آخر من النسيج العصبي. في هذا الفصل، سندرس تركيب وأنواع وتنظيم الخلايا العصبية وخلايا الدبق العصبي، كما سنعالج بإيجاز الجهازين العصبيّين المركزي والذاتي.

1. تركيب العصبونات

العصبونات هي وحدات التركيب والوظيفة في الجهاز العصبي، وهي مسؤولة عن استقبال ونقل ومعالجة المنبهات الخارجية والداخلية التي يتعرض لها الجسم، بهدف تحفيز أنشطة خلوية مختلفة مثل الانقباض والإفراز والأنشطة الذهنية المختلفة. وتتشكل معظم العصبونات من ثلاثة مكونات، هي: **جسم الخلية cell body** و**الزوائد الشجرية dendrites**، و**المحور axon** (شكل 1).

1.1 جسم الخلية Cell Body

يحتوي هذا الجزء النواة والسيتوبلازم المحيط بها، بإستثناء البروزات الخلوية، ويتراوح قطر جسم الخلية العصبية بين 15 و 20 µm وقد يصل أحياناً إلى 80 µm. ومن أبرز وظائف جسم الخلية التغذية واستلام المنبهات العصبية، ونشرح فيما يلي مكونات جسم الخلية.

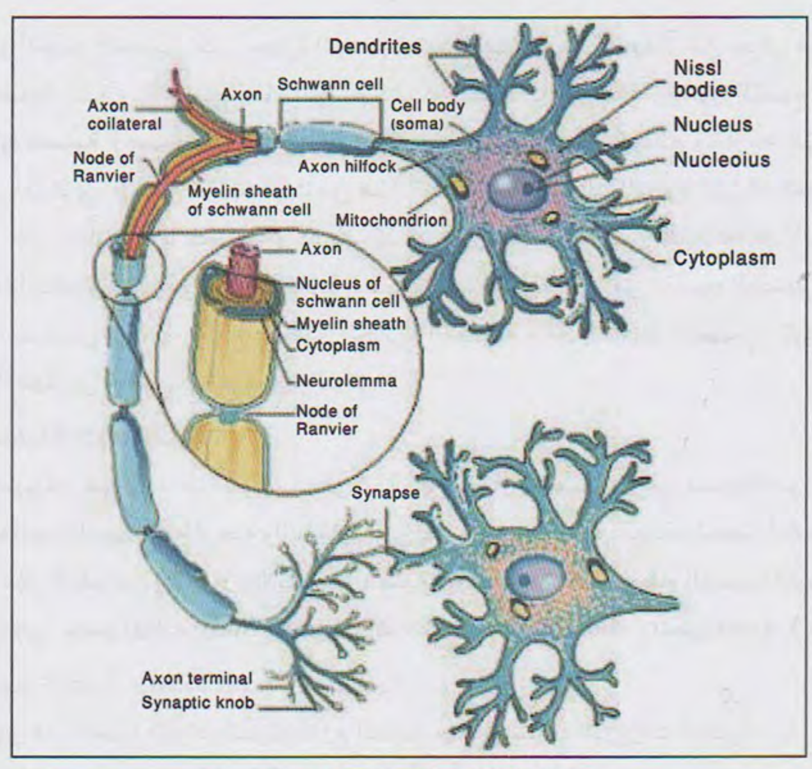
أ. النواة: تكون النواة كروية الشكل وكبيرة الحجم ولها نوية بارزة ومادة كروماتينية منتشرة (شكل 2). وتعكس الصفة الأخيرة النشاط الأيضي الكبير للعصبونات.

ب. الشبكة الإندوبلازمية الخشنة: هذه شبكة كبيرة تتكون من كييسات متوازية تحتوي أعداداً كبيرة من الريبوسومات. وتظهر هذه الشبكة في المجهر الضوئي كمناطق حبيبية تدعى **أجسام نسل Nissl bodies** (شكل 2).

ج. سم جولجي: يتشكل هذا الجسم من عدة كييسات ملساء متوازية تتوزع حول النواة (شكل 2). كذلك، توجد كييسات كروية صغيرة تمثل حوصلات نقل وإفراز.

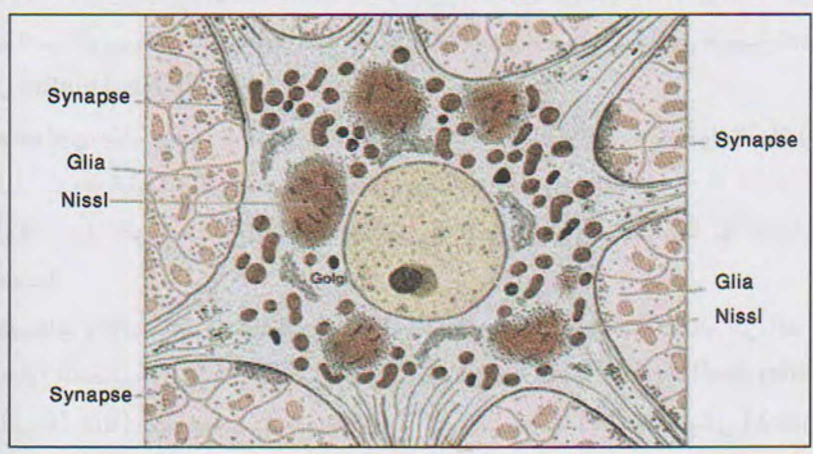
د. الميتوكوندريا: تتوزع هذه العضيات في محيط النواة وتزداد أعدادها في نهايات المحاور العصبية.

هـ. الخييطات والأنيبيبات الدقيقة: يحتوي جسم الخلية العصبية، وكذلك الزوائد الشجرية والمحاور العصبية، كميات وافرة من **الخييطات المتوسطة intermediate filaments** (قطرها حوالي 10 nm)، كما يوجد في جسم الخلية أنيبيبات دقيقة (قطرها حوالي 24 nm).



(**شكل 1**) رسم لمكونات خلية عصبية

تجدر الإشارة إلى أن أجسام الخلايا العصبية توجد في **المنطقة الرمادية gray mater** في الجهاز العصبي المركزي على هيئة تجمعات تدعى **نوى nuclei**، كما توجد في تراكيب تسمى **العقد العصبية ganglia** في الجهاز العصبي الطرفي.



(**شكل 2**) رسم يبين التركيب الدقيق لجسم خلية عصبية.

2.1 الزوائد الشجرية Dendrites

يكون لمعظم العصبونات عدة زوائد شجرية (شكل 1) تزيد فعالية المساحة المستقبلة للمنبهات، وتساعد تفرعات الزوائد الشجرية على استلام عدد كبير من نهايات محاور عصبونات أخرى. وعلى سبيل المثال، يقدر عدد نهايات المحاور التي تتصل بالزوائد الشجرية لـ **خلية بركنجي Purking cell** واحدة في **قشرة المخيخ cerebellar cortex** (شكل 3) بحوالي 200،000 ، غير أن بعض **العصبونات ثنائية القطبية bipolar neurons** لها زائدة شجرية واحدة، كما في شبكية العين. والزوائد الشجرية قصيرة وتتناقص في قطرها كلما تفرعت، كما تظهر بروزات شوكية الشكل على أسطحها، وهي لا تحاط بـ **غلاف نخاعي myelin sheath**، كما في المحاور. وتحتوي الزوائد الشجرية عدة ميتوكوندريا وأجسام نسل، إضافة إلى الخييطات المتوسطة والأنيبيبات الدقيقة.

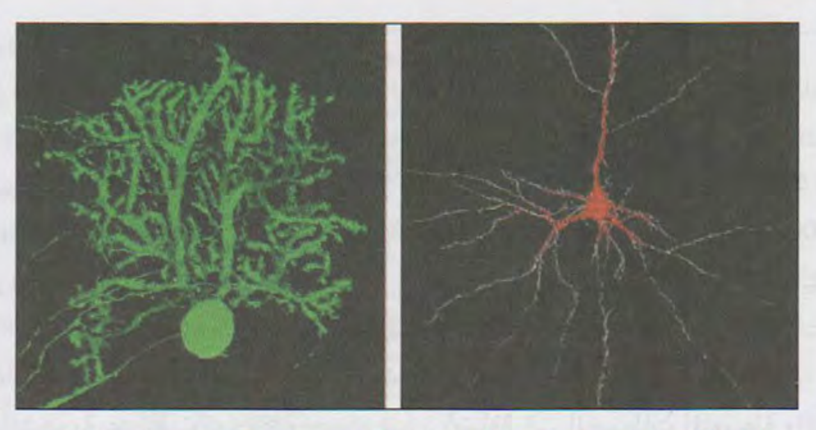
3.1 المحاور Axons

ينشأ المحور من منطقة هرمية الشكل في العصبونة تدعى **تل المحور axon hillock** (الشكل 1)، بحيث يمتد من هذه المنطقة كزائدة أسطوانية الشكل قد يصل طولها إلى حوالي 100سم، كما في محاور **العصبونات المحَركة motor neurons** التي تخرج من الحبل الشوكي لتُعصب عضلات القدم. وتجدر الإشارة إلى أن تل المحور لا يحتوي ريبوسومات وشبكة إندوبلازمية خشنة (بخلاف جسم الخلية العصبية والزوائد الشجرية)، ولكنه يحتوي حزماً من الأنيبيبات الدقيقة. أما **سيتوبلازم المحور axoplasm** فيحتوي عدداً قليلاً من الميتوكوندريا والأنيبيبات الدقيقة والخييطات المتوسطة وشبكة إندوبلازمية ملساء صغيرة. وبخلاف الوضع في الزوائد الشجرية، فإن المحور لا يظهر إلا القليل من التفرع. وفي أحيان قليلة، ينشأ من المحور فرع أو أكثر وذلك بعد مسافة بسيطة من خروجه من جسم الخلية (شكل 1)، وتسمى هذه الفروع بـ **المصاحبة collateral**.

تنتهي المحاور عند نقاط تشابكها بخلايا عصبية أخرى أو غيرها من الخلايا المتأثرة، بانتفاخات، تدعى **النهايات التشابكية synaptic terminals**، الغنية بوفرة الميتوكوندريا والتي تحتوي بدورها **حويصلات تشابكية synaptic vesicles** (شكل 1) التي تحمل **ناقلات عصبية neu-rotransmitters**. ويتراوح قطر هذه الحوصلات بين 25-60 nm، كما في تلك التي تطلق الناقل العصبي **نور إبنفرين norepinephrine**.

2. أنواع العصبونات

تختلف العصبونات في أحجامها وأشكالها (شكل 3)، ويمكن تقسيمها حسب أسس، منها عدد البروزات والوظيفة.



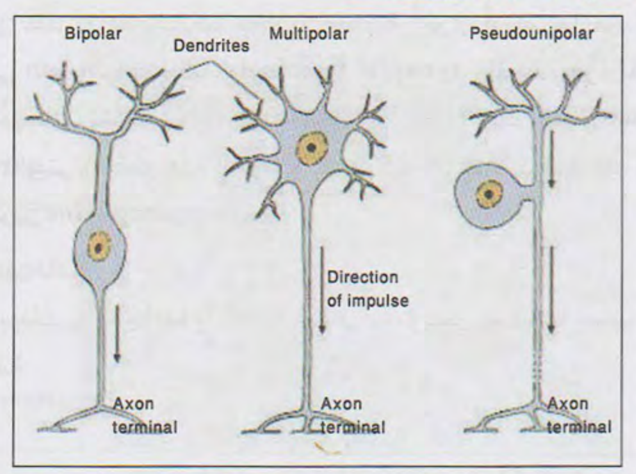
(**شكل 3**) صورة لعصبونة متعددة الأقطاب لها شكل هرمي وتوجد في قشرة المخ (يمين) وأخرى لعصبونة تشبه نبتة الشومر وتدعى خلية بركنجي وتوجد في قشرة المخيخ (يسار).

1.2 أنواع العصبونات حسب عدد البروزات

أ. **العصبونات متعددة الأقطاب multipolar neurons** ولها محور واحد وزائدتين شجريتين أو أكثر، وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً (شكل 4).

ب. **العصبونات ثنائية القطبية bipolar neurons**، ولها محور واحد وزائدة شجرية واحدة وتوجد في عقدة **عصب القوقعة cochlea** (الأذن الداخلية) وفي **شبكية العين retina** (شكل 4).

ج. **العصبونات أحادية القطبية الكاذبة pseudounipolar**، وهي ذات بروز واحد قريب من جسم الخلية ثم يتفرع إلى فرعين، واحد يمتد باتجاه جسم الخلية العصبية، وآخر يتجه بعيداً عنها (شكل 4). ويوجد هذا النوع في عقد **الأعصاب الشوكية spinal nerves** وفي معظم عقد **الأعصاب الدماغية cranial nerves**.



(**شكل 4**) أنواع العصبونات حسب عدد البروزات

2.2 أنواع العصبونات حسب الوظيفة

أ. **العصبونات الحسية (الواردة) sensory (afferent) neurons** ، التي تنقل المنبهات من خارج الجسم وداخله إلى الجهاز العصبي المركزي.

ب. **العصبونات الحركية (الصادرة) motor (efferent) neurons** ، وهي تحمل الاستجابات من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المتأثرة مثل العضلات والغدد القنوية والصماء.

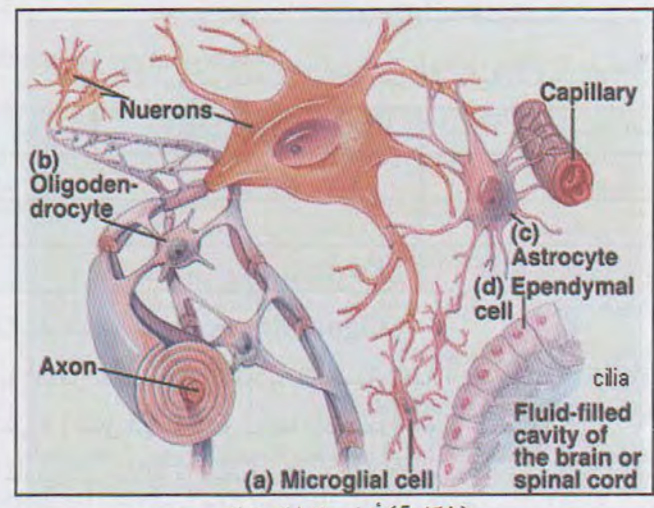
ج. **العصبونات البينية interneurons**، وهي تربط بين عدة عصبونات لتكوّن سلاسل عصبية كما في شبكية العين.

3. الدبق العصبي Neuroglia

هذه خلايا غير معنية بنقل المنبهات العصبية، وتنتشر في الجهاز العصبي حيث تتوفر عشر خلايا دبقية مقابل خلية عصبية واحدة، لكن صغر حجم الخلايا الدبقية يجعلها تشغل حوالي نصف حجم النسيج العصبي فقط.

لا تظهر خلايا الدبق العصبي في التحضيرات المجهرية التقليدية التي تستعمل فيها صبغتي هيماتوكسلين وإيوسين، ذلك أن هذه التحضيرات تبين نوى الخلايا الدبقية فقط، بينما لا تظهر بروزاتها ولا سيتوبلازمها. ومن أجل دراسة الخصائص الشكلية العامة للخلايا الدبقية فإن التحضيرات المجهرية لهذه الأنسجة تعالج بأصباغ أيونات الفضة.

تشمل خلايا الدبق العصبي عدة أنواع هي: **النجمية astrocytes**، **وقليلة التفرع oligodendrocytes**، **والدبقية الدقيقة microglia** **والبطانية ependyma** (شكل 5). ونعالج فيما يلي أبرز سمات ووظائف هذه الأنواع.



(**شكل 5**) أنواع خلايا الدبق العصبي

1.3 الخلايا النجمية Astorcytes

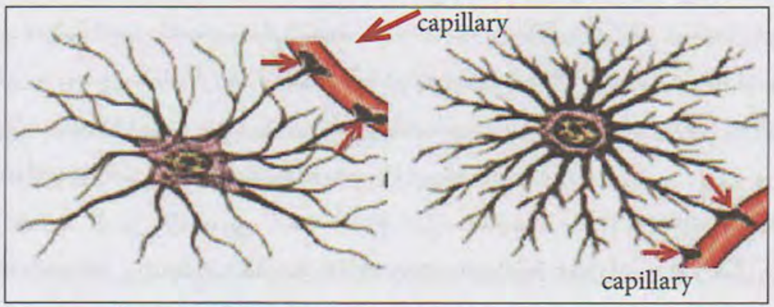
هذه أكبر الخلايا الدبقية، وأكثرها شيوعا، وتتسم بالصفات التالية:

أ. لها عدة بروزات، توجد للكثير منها نهايات منتفخة تتصل بالشعيرات الدموية وتلتف حولها وتسمى هذه النهايات **الأقدام الدموية vascular feet** (شكل 6). كذلك تكوّن بروزات هـ الخلايا حاجزاً تحت **الأم الحنون pia mater** في منطقتي الدماغ والحبل الشوكي.

ب. يحتوي سيتوبلازمها عضيات قليلة جداً، وعدة خييطات متوسطة.

ج. تعطي الدعم البنيوي للنسيج العصبي وتتجدد عند تعرضه للأذى.

د. تكون بروزاتها حاجزاً عازلاً بين الدم والنسيج العصبي المركزي، لتساهم في استقرار البـ الكيميائية الداخلية لهذا النسيج، كما أنها تؤثر في تكوين الغمد الميليني بتفاعلها مع الخلا قليلة التفرع. والخلايا النجمية نوعان، هما: **البروتوبلازمي protoplasmic** و**الليفي** **rous** (شكل 6). ويبين الجدول 1 أبرز الفروقات بينهما:



(**شكل 6**) خلية نجمية بروتوبلازمية (يمين) وخلية نجمية ليفية (يسار). لاحظ الأقدام الدموية المنتفخة للخليتين (أسهم) واتصالها بالشعيرات

الجدول (1): أبرز الفروقات بين الخلايا النجمية البروتوبلازمية والليفية

	الخلايا البروتوبلازمية	الخلايا الليفية
السيتوبلازم	حبيبي جداً	غني بالخييطات المتوسطة
البروزات	عديدة التفرع وغليظة وقصيرة	قليلة التفرع، ونحيفة وطويلة
الموقع	المادة الرمادية في الدماغ والحبل الشوكي	المادة البيضاء في الدماغ والحبل الشوكي

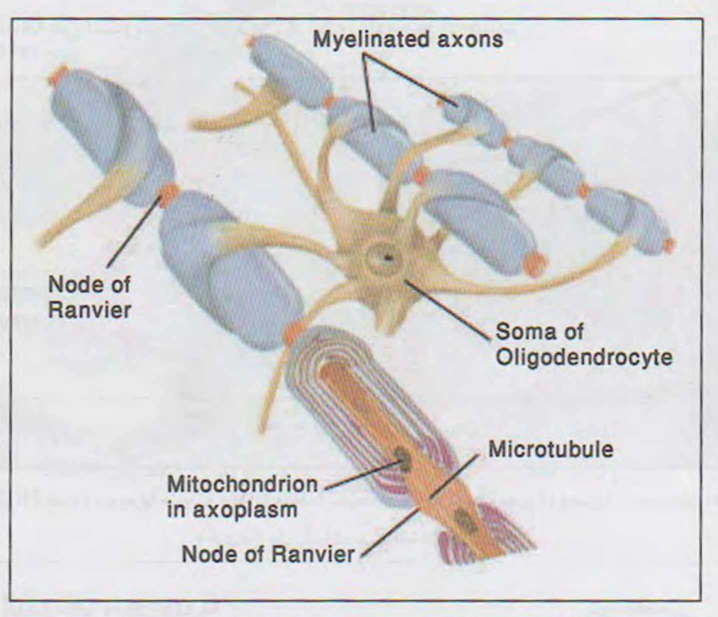
2.3 الخلايا قليلة التفرع Oligodendrocytes

أ. هذه الخلايا أصغر حجماً من الخلايا النجمية، كما أن بروزاتها أقل وأقصر من برو الخلايا الأخيرة (شكل 5)، وتمتاز نواها باصطباغ أقوى.

ب. توجد في المادتين الرمادية والبيضاء. ففي المادة الرمادية، تظهر هذه الخلايا بالقرب أجسام الخلايا العصبية، أما في المادة البيضاء، فإنها تظهر مصطفة بين الألياف العصـ المحاطة بغمد نخاعي.

ج. تشكل الغمد النخاعي في الجهاز العصبي المركزي (شكل 7)، وبذلك تتناظر هذه الخلايا وظيفياً مع **خلايا شفان Schwann cells**.

د. تحتوي عدة ميتوكوندريا، وجسم جولجي كبير وأنيبيبات دقيقة كثيرة، إضافة إلى شبكة إندوبلازمية وافرة.



(**شكل 7**) خلية دبقية قليلة التفرع تكون أغمدة نخاعية جول عدة محاور

3.3 الخلايا الدبقية الدقيقة Microglia

هذه خلايا أكولة تمثل **نظام البلعمة أحادي النوى mononuclear phogocyte system** في الجهاز العصبي، ومن سماتها:

أ. أجسامها الخلوية صغيرة وكثيفة ومستطيلة.

ب. لها نوى بيضاوية كثيفة، ويساعد شكل النوى في تمييز هذه الخلايا في التحضيرات المجهرية التقليدية المصطبغة بـ هيماتوكسلين وإيوسين.

ج. لها بروزات قليلة متعددة وصغيرة، وهذا ما يعطي الخلايا مظهراً شوكياً.

د. توجد في المادتين الرمادية والبيضاء.

4.3 الخلايا البطانية Ependymal Cells

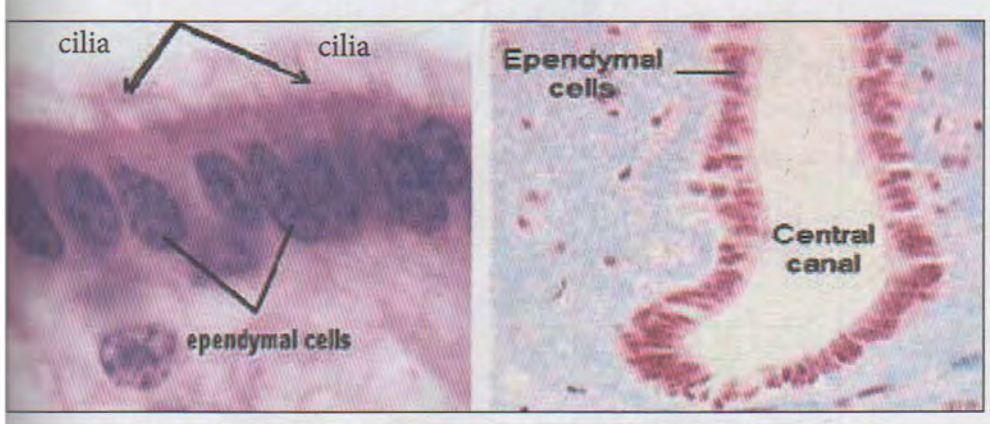
تنشأ هذه الخلايا من الطبقة الطلائية للأنبوب العصبي، وهي تبطن تجاويف الدماغ والحبل الشوكي (القناة المركزية) التي تحتوي **السائل الدماغي الشوكي cerebrospinal fluid**. ولهذه

الخلايا صفات، أبرزها:

أ. لها عدة ميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية خشنة ضئيلة، إضافة إلى جسم جولجي.

ب. لها أهداب تحرك السائل الدماغي الشوكي في تجاويف الجهاز العصبي المركزي (شكل 8).

ج. تظهر الأسطح الجانبية لبعض هذه الخلايا روابط فجوية وأحزمة التصاق، تسمح بإيصال السائل الدماغي الشوكي إلى خلايا في عمق النسيج العصبي.



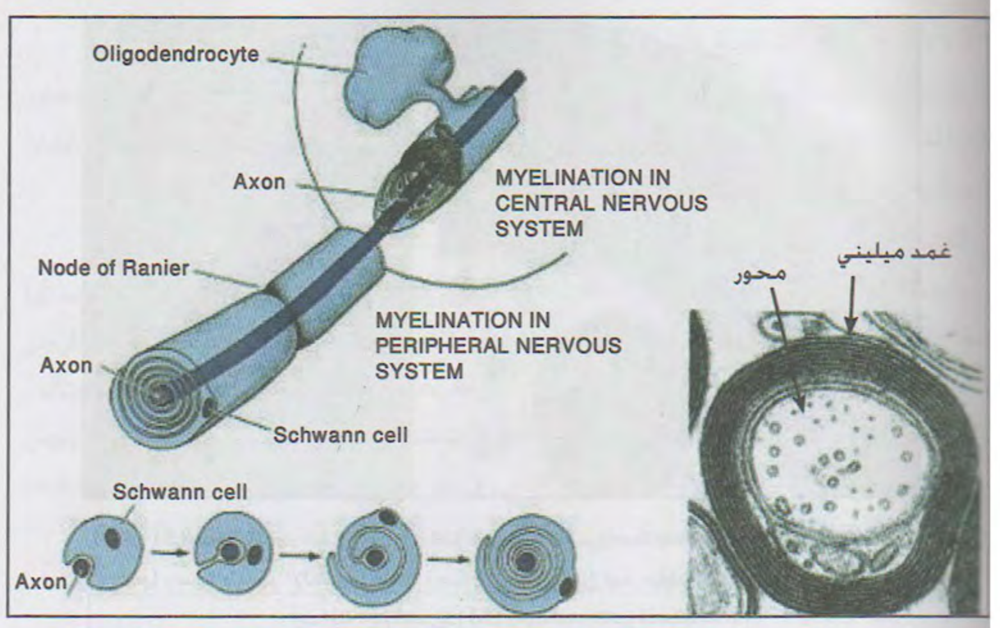
(**شكل 8**) صورة مجهرية ضوئية لخلايا مبطنة تحيط بقناة مركزية (يمين)، وصورة أخرى تبين أهدابا (أسهم) على أسطح هذه الخلايا (يسار)

4. تركيب الألياف العصبية

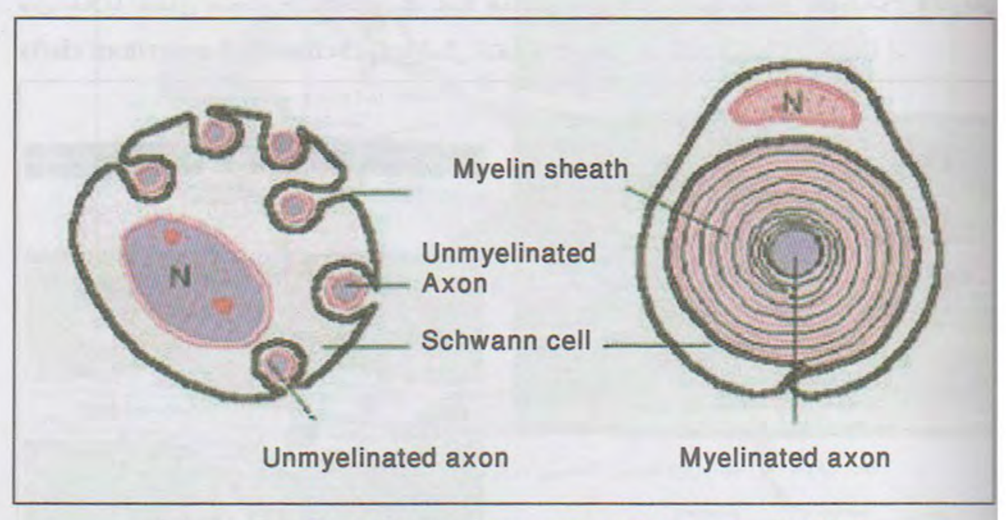
تتشكل الألياف العصبية من محاور محاطة بأغلفة مشتقة من الأدمة الخارجية. وتُغطى معظم المحاور العصبية بغلاف من طبقة أو أكثر، وقد يكون مصدره **خلية شفان Schwann cell** في الألياف العصبية الطرفية أو **الخلية قليلة التفرع oligodendrocyte** في الألياف العصبية المركزية (شكل 9). وتتكون الألياف العصبية صغيرة القطر **بدون أغلفة unmyelinated**، بينما تكون الألياف الأغلظ **مغلّفة myelinated** بعدة طبقات متراكزة تشكل **الغمد النخاعي myelin sheath** (شكل 9).

1.4 الألياف المنخّعة Myelinated Fibers

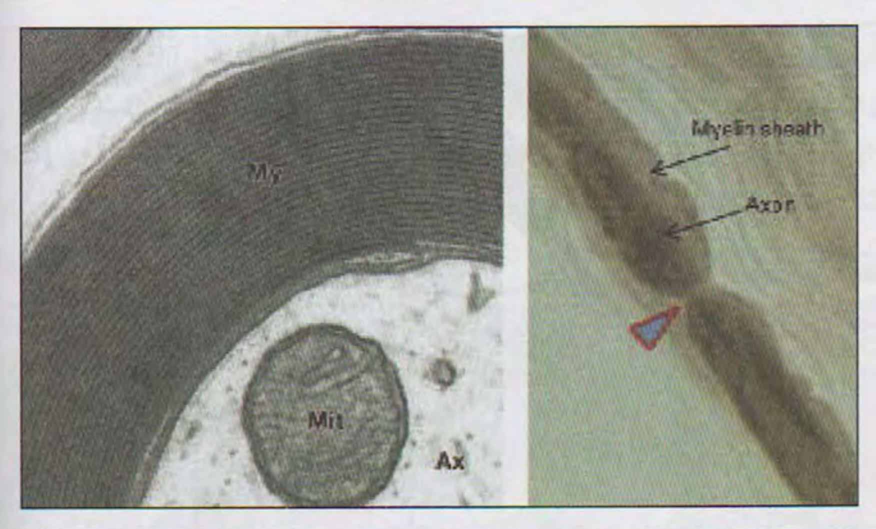
في هذه الألياف يحيط غشاء خلية شفان بمحور الخلية العصبية عدة مرات ليكوّن عدة طبقات. وتظهر طبيعة هذا الغمد بشكل جيد عند حفظ التحضير المجهري لليف العصبي بمثبت **رابع أكسيد الازميوم osmium textorxide** الذي يصبغ الغمد بلون أسود. وكما يظهر من الشكل (9)، فإن الغمد يتكون من **خطوط كثيفة رئيسة major dense lines**، مكررة وداكنة، إضافة إلى خطوط بينية أقل دكانة (شكل 9-11). والغمد النخاعي هو امتداد لبروز من غشاء خلية شفان يلتف حول المحور مرة أو أكثر، وهذا ما يفسّر ظهور الخطوط الداكنة والخطوط الفاتحة.



(شكل 9) مصدر الغمد الميليني في الجهاز العصبي المركزي وفي الجهاز العصبي الطرفي وفي الاطار (يمين) يظهر مقطع عرضي لغمد ميليني كما يشاهد في المجهر الإلكتروني النافذ.

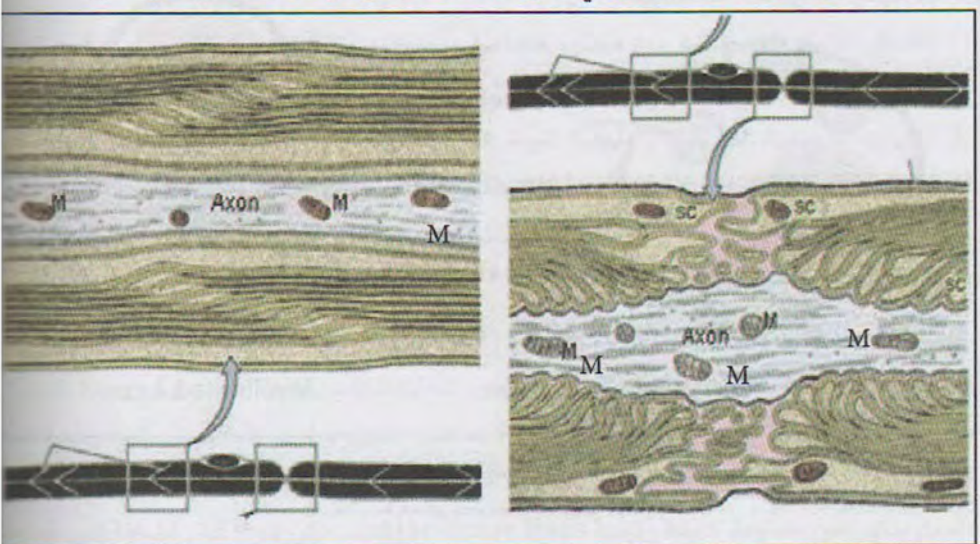


(شكل 10) رسم لمحور يحاط بغمد ميليني مشتق من خلية شفان (يمين)، ورسم لخلية شفان تحيط بعدة محاور بدون غلاف ميليني (يسار)



(**شكل** 11) صورة بالمجهر الضوئي (يمين) لجزء من غمد ميليني يحيط بمحور. لاحظ عقدة رانفييه (رأس سهم) وصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ (يسار) تبين جزءا من غمد ميليني (My) حول محور (Ax) وبداخلة ميتوكوندريا (M) وخييطات وأنيبيبات دقيقة.

يحاط كل ليف (محور) عصبي بمجموعة من خلايا شفان، وتظهر على طول الليف مناطق خالية من الغمد النخاعي، تدعى **عقد رانفييه nodes of Ranvier** (شكل 11)، تمثل حيزات بين خلايا شفان متجاورة، وتظهر في عدة مناطق من هذا الغمد **شقوق شميدت- لانترمان Schmidt–Lanterman clefts**، وهي تمثل انتفاخات داخل طبقات الغمد (شكل 12).



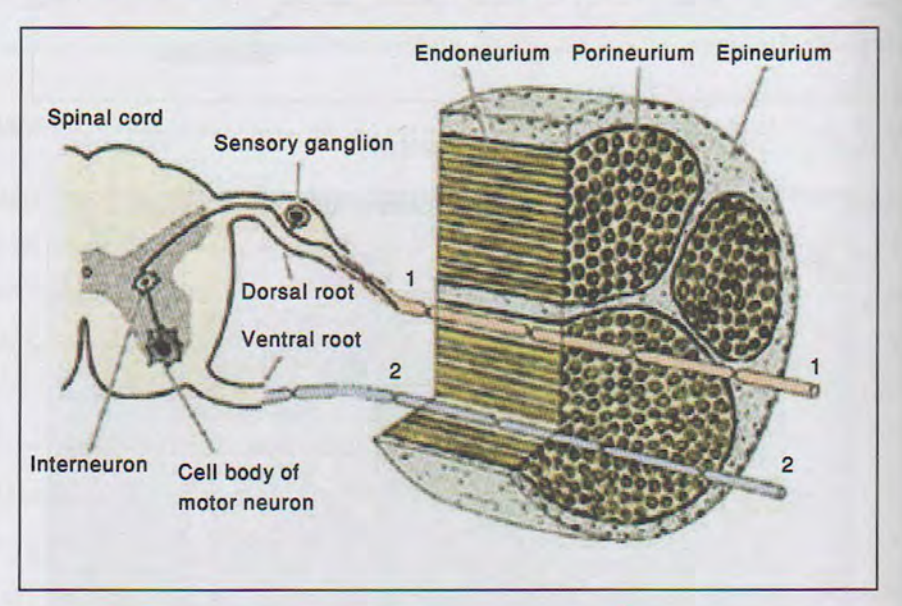
(**شكل** 12) رسم يبين التركيب الدقيق لعقدة رانفييه (يمين). لاحظ التداخل بين بروزات خلايا شفان (SC) (يمين)، ورسم يبين التركيب الدقيق لشق شيمدت- لانترمان (يسار) M = ميتوكوندريا.

2.4 الألياف غير المنخعة Unmyelinated Fibers

لا تحاط كل محاور الخلايا العصبية بغمد نخاعي، وفي الجهاز العصبي الطرفي توجد المحاور غير المحاطة بغمد نخاعي داخل انغمادات بسيطة لخلايا شفان، ويمكن أن تحيط خلية شفان واحدة بعدة محاور غير مغمدة (شكل 10).

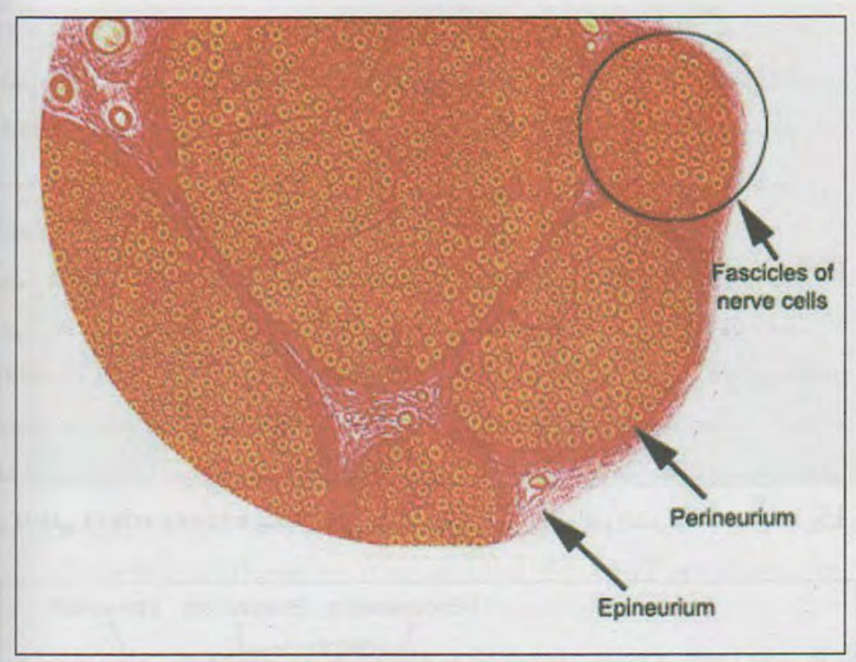
5. الأعصاب Nerves

تتجمع الألياف العصبية في **حزم fascicles** لتكوّن **أعصاباً nerves** بيضاء بسبب أغمدتها النخاعية. وتحاط الأعصاب بغلاف يتكون من نسيج ضام كثيف يسمى الغلاف **العصبي الخارجي epineurium** (شكل 13-15)، ويوجد حول كل حزمة غلاف **عصبي حولي perineurim** يتألف من طبقات من خلايا شبه طلائية مسطحة، تتصل ببعضها عبر روابط محكمة، وهذا ما يجعل الغلاف الحولي مانعاً لعبور معظم الجزيئات الكبيرة. أما محاور الحزمة العصبية فتغطى بغلاف **عصبي داخلي endoneurium** يتشكل من طبقة رقيقة من الألياف الشبكية (شكل 13-15).

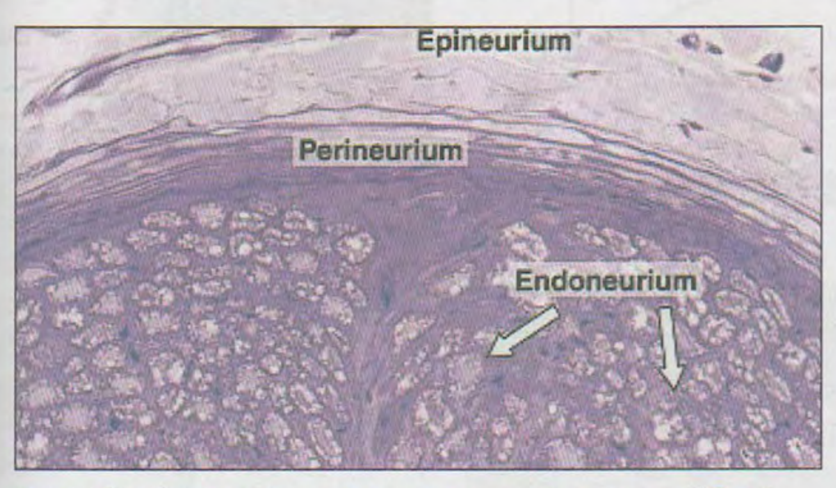


(**شكل** 13) رسم يبين الأغلفة المحيطة بالعصب وكذلك العلاقة بين الألياف الحسية (1) والألياف الحركية (2) من جهة، وبين الجهاز العصبي المركزي (ممثلاً بالحبل الشوكي) من جهة أخرى

تربط الأعصاب بين الجهاز العصبي المركزي ممثلا بالدماغ والحبل الشوكي وبين أعضاء الإحساس والأنسجة المستجيبة كالعضلات والغدد. وتحتوي الأعصاب **أليافاً واردة afferent fibers** تنقل المعلومات من داخل الجسم وخارجه إلى الجهاز العصبي، إضافة إلى **ألياف صادرة efferent fibers**، تحمل منبهات من الجهاز المركزي إلى الأعضاء المستجيبة.



(**شكل** 14) صورة مجهرية ضوئية لعصب مكون من عدة حزم. لاحظ الغلاف الخارجي للعصب والغلاف الحولي لكل حزمة



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية لجزء من العصب مكون من حزمتين. لاحظ أنواع الأغلفة الثلاثة

وقد تتكون الأعصاب من ألياف حسية فقط وتسمى **الأعصاب الحسية sensory nerves**. أو قد تتألف كلياً من ألياف تحمل معلومات إلى الأعضاء المستجيبة وتدعى **الأعصاب المحركة motor neves**. وتتكون معظم الأعصاب من النوع المختلط، أي أنها تتكون من ألياف حسية وأخرى حركية (شكل 13)، ولهذه الأعصاب محاور منخعة وأخرى غير منخعة.

6. الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System

يعمل هذا الجهاز على ضبط انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية)، وإفراز بعض الغدد، وكذلك ضبط إيقاع ضربات القلب، وهذا يعني أن الجهاز العصبي الذاتي يعمل على استتباب **البيئة الداخلية homeostasis**.

من ناحية تركيبية، يتكون الجهاز العصبي الذاتي من شبكة من نظام عصبوني ثنائي، توجد العصبونة الأولى في **السلسة الذاتية autonomic chain** داخل الجهاز العصبي المركزي، ويشكل محورها **تشابكا synapse** مع عصبونة متعددة المحاور تقع في عقدة عصبية في الجهاز الذاتي الطرفي. ويطلق على محاور العصبونات الأولى إسم **الألياف السابقة للعقد العصبية preganglionic fibers**، بينما تدعى محاور العصبونات التالية التي تؤثر في الأنسجة العضلية أو الغدية بـ **الألياف اللاحقة للعقد العصبية postganglionic fibers**.

يتشكل الجهاز العصبي الذاتي من قسمين يختلفان تشريحياً ووظيفياً، وهما: **الجهاز الودي sympathetic system** و**الجهاز نظير الودي parasympathetic system**. وسندرس فيما يلي أهم سمات ووظائف هذين الجهازين بإيجاز.

1.6 الجهاز الذاتي الودي Sympathetic System

يشكل هذا الجهاز القسم **الصدري القطني thoracolumbar division** من الجهاز العصبي الذاتي، ذلك أن **نوى nuclei** هذا القسم، تقع في الأجزاء الصدرية والقطنية من الحبل الشوكي. وتخرج محاور تلك العصبونات مع **الجذور البطنية ventral roots** و**التفرعات البيضاء white rami** للأعصاب الصدرية والقطنية. وتشكل العقد العصبية لهذا القسم سلسلة موازية للعمود الفقاري، إضافة إلى **ضفائر plexuses** بجوار الأعضاء الحشوية. والناقل العصبي في الألياف اللاحقة للعقد العصبية هو **نور إبنفرين norepinephrine**، الذي ينتج في لب الغدة الكظرية.

أما أهم تأثيرات هذا الجهاز فهي: توسيع بؤبؤ العين، وقصيبات الرئة، وإنقاص نشاط الجهاز الهضمي وإفراز اللعاب وزيادة نبضات القلب، وتزويده والدماغ والعضلات بالدم، وارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم، واسترخاء المثانة البولية، وتثبيط الأعضاء الجنسية. وكما يلاحظ من هذه التأثيرات، فإن الجهاز الودي يهيء الجسم للتعامل مع الحالات الطارئة كالمواجهة أو الهرب.

2.6 الجهاز نظير الودي Parasympathetic System

يشكل هذا الجهاز **القسم الدماغي العجزي craniosacral division** من الجهاز العصبي الذاتي، وتقع تجمعات الأجسام الخلوية لهذا القسم في عنق الدماغ والدماغ الأوسط وكذلك في القسم العجزي من الحبل الشوكي. وتوجد العصبونات الثانية في سلسلة هذا القسم داخل عقد عصبية أصغر من تلك الموجودة في القسم الودي، وعادة ما تقع بجوار أو داخل الأعضاء المستجيبة،

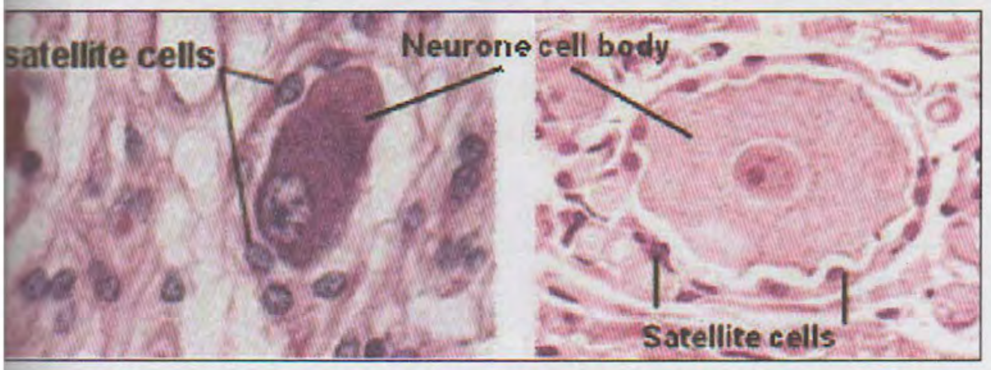
كما في جدر المعدة والأمعاء. وفي الحالة الأخيرة، تدخل الألياف السابقة للعقد العصبية تلك الأعضاء وتكوّن منطقة تشابك مع العصبونات اللاحقة هناك.

الناقل العصبي الذي يطلق من الألياف السابقة للعقد العصبية ومن الألياف اللاحقة لها هو **أستيل كولين acetylcholine**، ويفقد هذا الناقل فعاليته وذلك عبر تفكيكه من قبل الإنزيم **أستيل كولين إستريز acetylcholine esterase** بعد إطلاقة مباشرة، وهذا هو أحد الأسباب التي تجعل تأثير الجهاز نظير الودي أكثر محدودية من تأثير الجهاز الودي.

من تأثيرات هذا الجهاز تضيق البؤبؤ، وحفز إفراز اللعاب، وإنقاص نبضات القلب، وتضييق قصبات الرئة، وحفز النشاط الهضمي، وانقباض المثانة البولية، وحفز الأعضاء الجنسية. ونستنتج من هذه التأثيرات بأن الجهاز نظير الودي يساهم في تسيير الأمور الحياتية الطبيعية للجسم بالقدر اللازم من الطاقة.

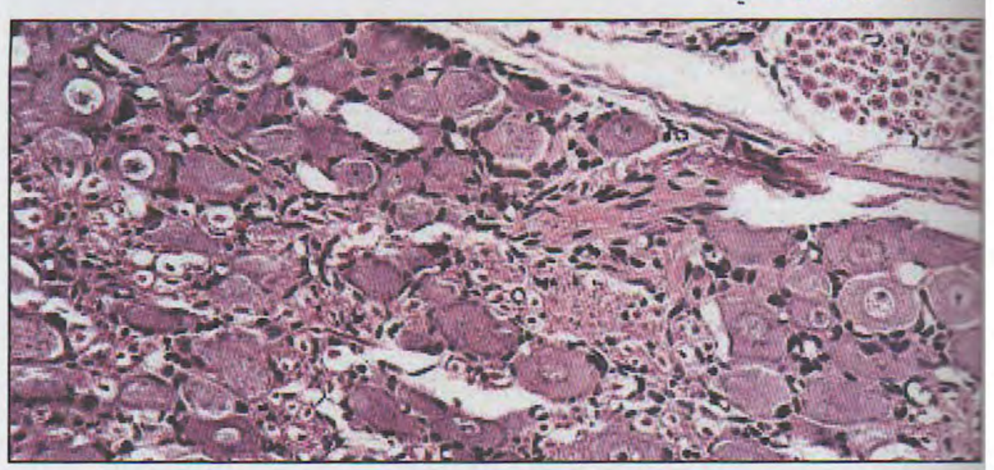
7. العقد العصبية Ganglia

هذه تراكيب بيضوية الشكل تتألف من أجسام الخلايا العصبية خارج الجهاز العصبي المركزي، وعادة ما تحاط هذه العقد بكبسولات من النسيج الضام الكثيف وبأعصاب مرتبطة بها. وتتصل كبسولة كل عقدة عصبية بنسيج ضام داخل العقدة، وكذلك بالغلاف المحيطي لكل من الأعصاب السابقة واللاحقة للعقد العصبية. وكما نلاحظ من الشكل (16) فإن جسم كل خلية في العقدة العصبية يغلف بطبقة من خلايا مكعبة صغيرة تدعى **الخلايا التابعة satellite cells**. إضافة إلى طبقة ليفية دقيقة تسمى **الكبسولة capsule** .

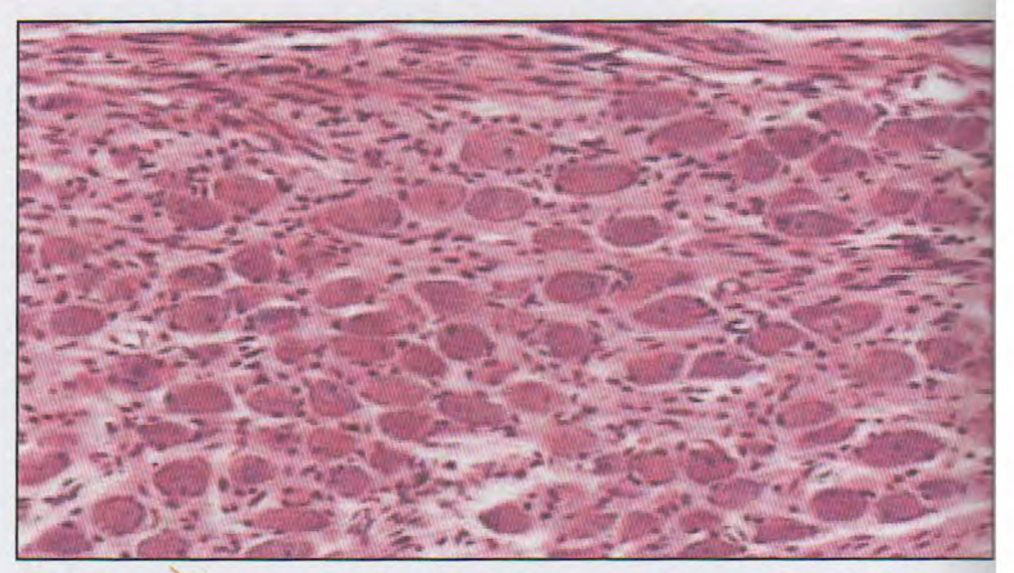


(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية لجسم خلية عصبية في عقدة شوكية محاطة بخلايا تابعة (يمين)، وصورة لجسم خلية عصبية في عقدة ذاتية (يسار). لاحظ حلقة كاملة من الخلايا المدارية حول الأولى وحلقة غير متكاملة حول الثانية

ويمكن تمييز نوعين رئيسيين من العقد العصبية، وذلك اعتماداً على تركيبهما ووظيفتهما، وهذين النوعين هما: **العقد الدماغية الشوكية craniospinal ganglia** (شكل 17) **والعقد الذاتية autonomic ganglia** (شكل 18). ويبين الجدول 2 أهم الفروقات بينهما. إضافة إلى نوعي العقد المذكورين أعلاه، توجد **عقد داخل جدارية intramural ganglia** وهي صغيرة جداً وتتكون من عصبونات قليلة، يحيط بجسم كل منها خلايا تابعة قليلة. وتوجد هذه العقد العصبية في جدار الجهاز الهضمي.



(**شكل** 17) صورة مجهرية ضوئية لجزء من عقدة دماغية شوكية. لاحظ تجمع أجسام الخلايا العصبية في قشرة العقدة



(**شكل** 18) صورة مجهرية ضوئية لجزء من عقدة ذاتية. لاحظ بعثرة أجسام الخلايا العصبية في قشرة العقدة

جدول (2): الفروقات بين العقد الدماغية الشوكية والعقد الذاتية

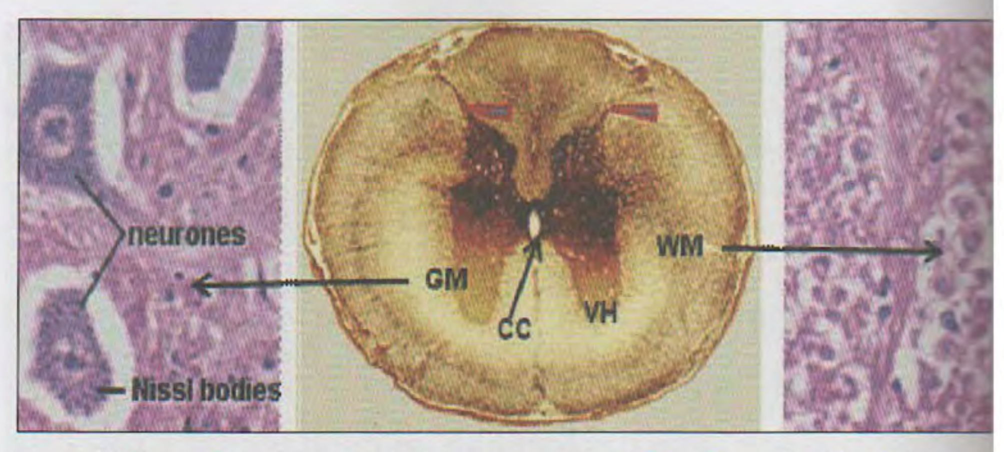
الحاشية	العقدة الدماغية الشوكية	العقدة الذاتية
الموقع	الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية وممرات بعض الأعصاب الدماغية	الأعصاب الذاتية ، وأحياناً في جذر الجهاز الهضمي
الخلايا العصبية	أحادية قطبية كاذبة وثنائية القطبية في عقدة العصب السمعي	متعددة الأقطاب
توزيع أجسام الخلايا العصبية	تسود في قشرة العقدة	تتبعثر داخل العقدة
الخلايا التابعة	تكون حلقة حول جسم الخلية العصبية	تكون غلافاً غير مكتمل حول جسم الخلية العصبية
الوظيفة	نقل منبهات من المستقبلات الحسية الى الجهاز العصبي المركزي	نقل معلومات من الجهاز المركزي الى الأعضاء الحشوية

8. الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

ينتظم النسيج العصبي في الجهاز العصبي المركزي في منطقتين، إحداهما بيضاء، والأخرى رمادية. تحتوي **المادة البيضاء white matter** ألياف منخّمة **myelinated** وأخرى غير منخمة **un-myelinated**، إضافة إلى خلايا دبقية مثل الخلايا النجمية الخيطية والخلايا الدبقية الدقيقة والخلايا قليلة التفرع. ويعزى اللون الأبيض لهذه المادة إلى كثرة الألياف العصبية المنخمة. أما **المادة الرمادية gray matter** فتحتوي كميات وفيرة من الألياف غير المنخمة، إضافة إلى ألياف منخمة وأعداد كبيرة من أجسام العصبونات والخلايا النجمية البروتوبلازمية والخلايا الدبقية الدقيقة والخلايا قليلة التفرع. ونعالج فيما يلي التركيب النسيجي لأبرز مكونات الجهاز العصبي المركزي.

1.8 الحبل الشوكي Spinal Cord

عند دراسة مقطع عرضي للحبل الشوكي، تظهر **المادة الرمادية gray matter** على هيئة حرف H داخل هذا الحبل، بينما تكون **المادة البيضاء white matter** في محيطه (شكل 19). وكما نلاحظ من الشكل المذكور، يوجد في وسط المادة الرمادية **قناة مركزية central canal** تمثل بقايا تجويف الأنبوب العصبي الجنيني، ويبطنها نسيج طلائي بسيط مكون من **خلايا بطانية مهدّبة ciliated ependymal cells**. وتتصل هذه القناة بتجاويف الدماغ وتمتلىء بالسائل الدماغي الشوكي.

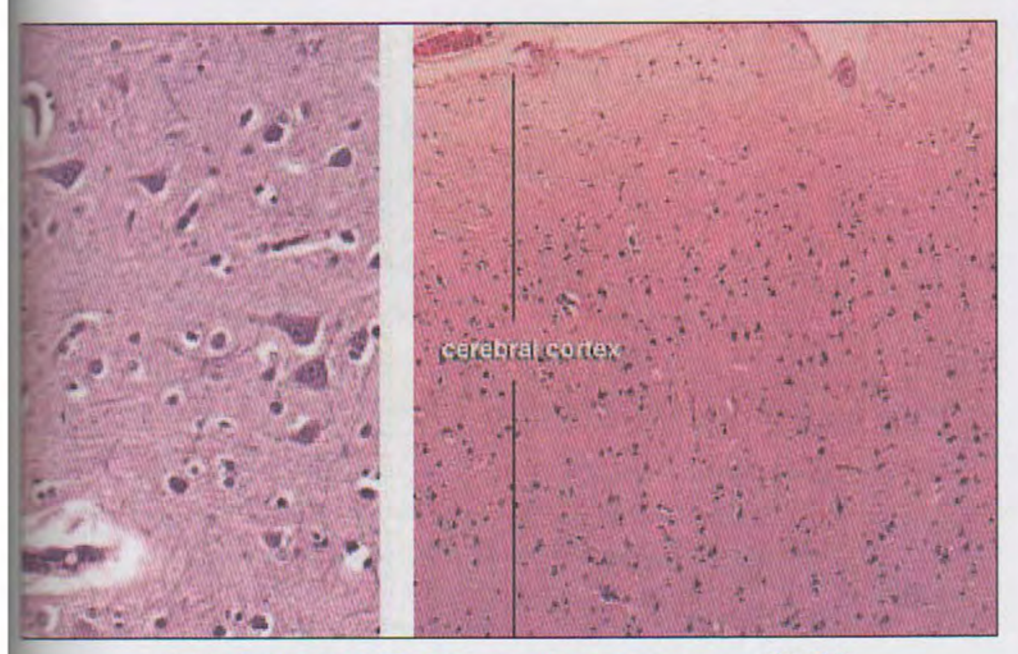


(**شكل** 19) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في الحبل الشوكي (وسط). لاحظ المنطقة البيضاء WM (يمين)، والرمادية GM (يسار) والقناة المركزية CC والقرنين الظهريين (رأس سهم) والقرنين البطنيين VH. لاحظ وفرة الألياف في المنطقة البيضاء وأجسام العصبونات في المنطقة الرمادية

تشمل المادة الرمادية **قرنين أماميين (بطنيين) anterior (ventral) horns** يحتويان العصبونات المحركة التي تشكل محاورها الجذور البطنية للأعصاب الشوكية، و**قرنين خلفيين (ظهريين) posterior (dorsal) horns** ، يستلمان أليافاً حسية من عصبونات في الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية (شكل 19). تجدر الإشارة إلى أن عصبونات المادة الرمادية هي من النوع متعدد الأقطاب والكبير حجماً، خاصة في القرون الأمامية حيث توجد عصبونات محركة كبيرة.أما المادة البيضاء فتتكون من ألياف عصبية، ولا تحتوي أجساماً خلوية أو زوائد شجرية (شكل 19). وتقسم المادة البيضاء إلى أعمدة طولية تسمى **الحبال funiculi**. لاحظ في هذا الشكل **الفاصل الظهري الوسطي dorsal median septum** و**الشق الوسطي السفلي ventral median fissure** (شكل 19).

2.8 المخ Cerebrum

يتشكل المخ من قشرة تحتوي المادة الرمادية إضافة إلى منطقة مركزية تتكون من المادة البيضاء (شكل 20). وتزداد مساحة قشرة المخ نتيجة وجود عدة **تلافيف gyri**، وهي مرتفعات تفصلها **أخاديد sulci**. ولمعظم خلايا قشرة المخ أشكال هرمية تنتظم في سبع طبقات. أما المادة البيضاء فإنها تتكون من حزم من الألياف المنخعة التي تمتد في عدة اتجاهات. وتقوم خلايا قشرة المخ بتنسيق المعلومات الحسيّة والاستجابات الحركية الإرادية.



(**شكل** 20) ، صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في قشرة المخ وتظهر فيه طبقات الخلايا الهرمية السبع. (يمين)، وخلايا هرمية مكبّرة (يسار)

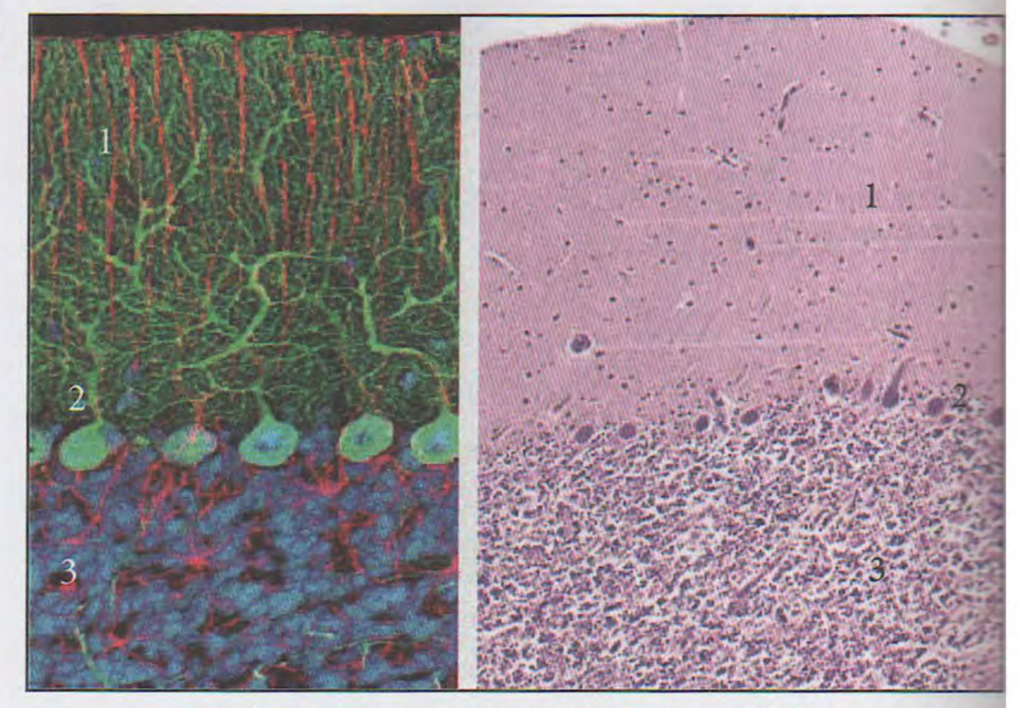
3.8 المخيخ Cerebellum

يتكون المخيخ من نصفي كرة تفصلهما منطقة تسمى **الدودة vermis**. ولسطح المخيخ عدة أخاديد تقسمه إلى عدة فصيصات، لكل منها قشرة تتشكل من مادة رمادية ولب يتألف من مادة بيضاء. وتحتوي المادة الرمادية ثلاث طبقات، هي (شكل 21):

أ. **الطبقة الجزيئية molecular layer**، وهي خارجية، وتتألف من عدة ألياف عصبية غير منخعة ومن أجسام خلوية قليلة.

ب. **الطبقة الوسطى central layer**، وتتشكل من **خلايا بركنجي Purkinje cells** كبيرة الحجم، ولهذه الخلايا زوائد شجرية تتفرع باستمرار في مستوى واحد لتكون ما يشبه المروحة (شكل 21).

ج. **الطبقة الحبيبية granular layer**، وهي داخلية، وتحتوي أصغر خلايا في جسم الإنسان. ولها قطر بحدود 5 µm ولكل خلية محور و 3-6 زوائد شجرية.



(**شكل** 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في قشرة المخيخ تظهر فيها الطبقة الجزيئية إلى الخارج (1)، وطبقة بركنجي في الوسط (2) والطبقة الحبيبية إلى الداخل (3)؛ (يمين) ، ومقطع عرضي يبين الطبقات الثلاث مكبرة (يسار)

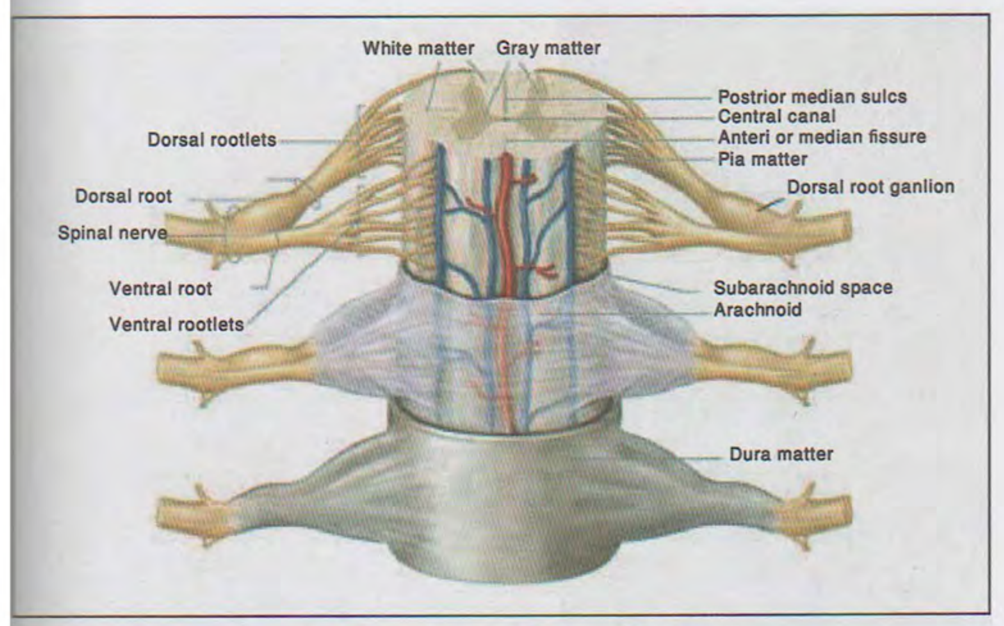
أما المادة البيضاء للمخيخ فتتكون من ألياف تتشابك مع خلايا الطبقة الحبيبية، ويصل بعضها للطبقة الوسطى ليتشابك مع خلايا بركنجي.

9. السحايا Meninges

توفر الجمجمة والعمود الفقاري الحماية للدماغ والحبل الشوكي، وتتعزز هذه الحماية بوجود ثلاثة أغلفة تدعى **السحايا meninges**. تتألف هذه الأغلفة من نسيج ضام وهي من الخارج إلى الداخل: **الأم الجافية dura mater**، و**العنكبوتية arachnoid**، و**الأم الحنون pia mater** (شكل 22)، وسنعالج فيما يلي التركيب النسيجي لهذه الأغلفة.

1.9 الأم الجافية Dura Mater

يتكون هذا الغلاف من نسيج ضام كثيف غير منتظم يتصل مع المحيط العظمي الداخلي للجمجمة. وفي العمود الفقاري، ينفصل هذا الغلاف عن المحيط العظمي الداخلي للفقارات بـ **حيز فوق الجافية epidural space** الذي يحتوي أوردة دقيقة ونسيجاً دهنياً، إضافة إلى نسيج ضام رخو. وينفصل هذا الغلاف عن الغلاف العنكبوتي، بـ **الحيز تحت الجافية subdural space**. ويتكون السطح الداخلي للأم الجافية من نسيج طلائي حرشفي بسيط (شكل 22 ، 23).



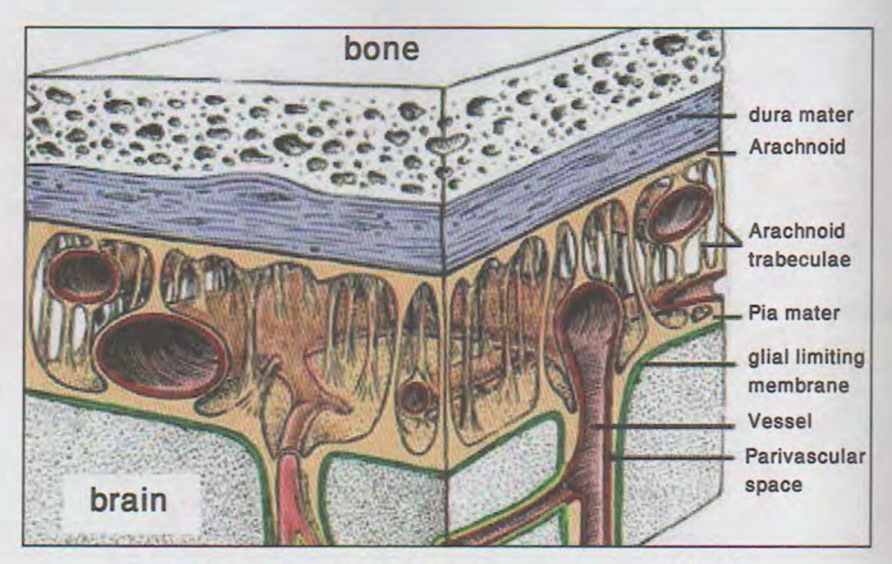
(**شكل** 22) السحايا المغلفة للجهاز العصبي المركزي

2.9 العنكبوتية Arachnoid

يتشكل هذا الغلاف من طبقة خارجية مرتبطة بالأم الجافية ومن نظام **حواجز trabeculae** يربط الطبقة العنكبوتية مع الأم الحنون (شكل 23). وتشكل التجاويف بين الحواجز **الحيز تحت العنكبوتية subarachnoid space** الذي يمتلئ بالسائل الدماغي الشوكي. ويتصل هذا الحيز مع حجرات الدماغ عبر فتحة وسطى وفتحتين جانبيتين. ومن حيث التركيب النسيجي تتكون العنكبوتية من نسيج ضام خالٍ من الأوعية الدموية، ويغطى سطح هذا الغلاف بنسيج طلائي حرشفي بسيط، كما في الأم الجافية.

3.9 الأم الحنون Pia Mater

يتألف هذا الغلاف من نسيج ضام رخو يحتوي عدة أوعية دموية، ويغطى بنسيج طلائي حرشفي بسيط. وينفصل هذا الغلاف عن النسيج العصبي بطبقة من بروزات الخلايا الدبقية. وكما يظهر من (الشكل 23) فإن الأم الحنون تخترق سطح الجهاز العصبي المركزي على هيئة قنوات في عدة مواقع تدخل فيها أوعية دموية، وتسمى تلك القنوات بـ **الحيزات الدموية المحيطة perivascular spaces**. وقبل أن تتحول نهايات تلك الأوعية إلى شعيرات دموية، تختفي الأم الحنون.



(**شكل** 23) رسم ببعد ثلاثي يبين السحايا التي تغلف الجهاز العصبي المركزي

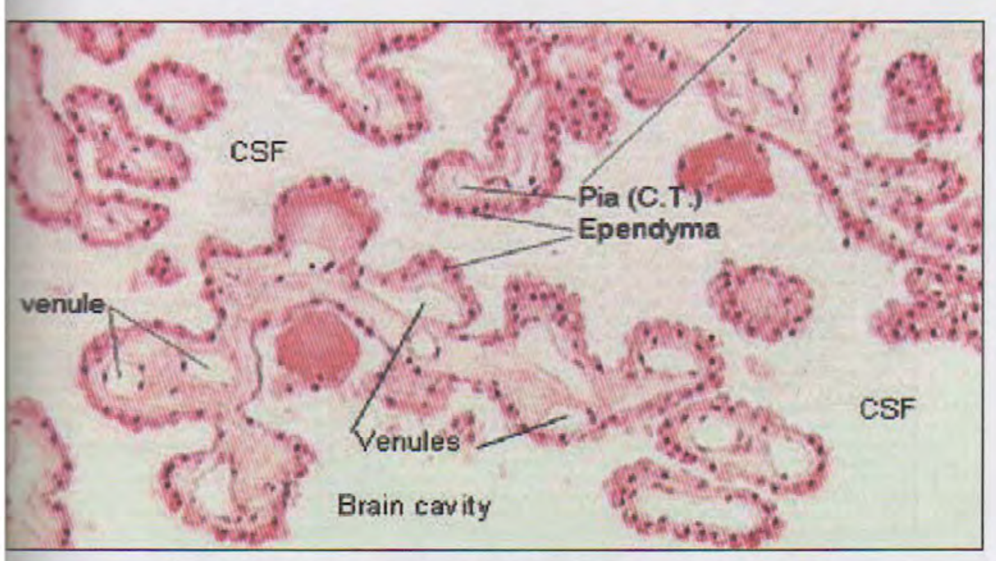
10. الحاجز الدموي الدماغي Blood-Brain Barrier

يتشكل هذا الحاجز من الروابط المحكمة بين الخلايا الطلائية الحرشفية لشعيرات النسيج العصبي، كما أن بروزات الخلايا الدبقية، وخاصة النجمية فيها، التي تحيط بالشعيرات الدموية تشكل جزءاً إضافياً لهذا الحاجز. ويعتقد أن لتلك البروزات دور هام في تخفيف نفاذية الشعيرات التي أشرنا إليها. علاوة على ذلك، فإن خلو أغشية الخلايا المبطنة للشعيرات من الفتحات الصغيرة، وقلة عدد حوصلات الشرب الخلوي فيها يساهمان في زيادة فاعلية الحاجز المذكور.

من ناحية وظيفية، فإن الحاجز الدموي الدماغي يمنع مرور بعض المواد، وخاصة السامة منها، من الدم إلى النسيج العصبي، وهذا ما يساعد على حمايته واستتباب بيئته الكيميائية الداخلية.

11. الضفيرة المشيمية Choroid Plexus

توجد في جدار الدماغ أربع مناطق تظل فيها الأنسجة بحالة جنينية ولا تتمايز إلى أنسجة عصبية، وهذه المناطق هي: سقف الحجرتين الثالثة والرابعة، وجزء من جدر الحجرتين الجانبيتين (حجرتا نصفي كرة المخ). وفي هذه المناطق تكون الأم الحنون غنية بالأوعية الدموية، وتشكل شرايينها الصغيرة وشعيراتها **كبيبات glomeruli** تنغمد في أسقف الحجرات المذكورة، ويطلق على هذه الانغمادات إسم **الضفيرة المشيمية choroids plexus** (شكل 24)، وهي ذات أهمية كبيرة في التحكم بالسائل الدماغي الشوكي الذي سنتحدث عنه لاحقاً. وتتكون الضفيرة المشيمية من نسيج ضام رخو مغطى بنسيج طلائي مكعب بسيط متصل بـ **الطبقة البطانية ependyma** في بقية جدر الدماغ (شكل 24). وللخلايا الطلائية المذكورة خملات دقيقة وفيرة. أما سيتوبلازمها فيحتوي عدة ميتوكوندريا.



(**شكل** 24) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في الضفيرة المشيمية. لاحظ تفرعاتها التي تأخذ شكل خملات غنية بالأوعية الدموية

12. السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal Fluid

يحتوي الجهاز العصبي المركزي داخل تجاويفه السائل الدماغي الشوكي الذي يملأ أيضاً الحيز تحت الغلاف العنكبوتي. ويعمل هذا السائل كماص للصدمات، ولذلك فهو يحمي الجهاز العصبي المركزي من الارتجاجات والكدمات التي يتعرض لها. كذلك، فإن لهذا السائل دوراً مهماً في عمليات أيض الجهاز العصبي المركزي.

يبلغ حجم السائل الدماغي الشوكي في نصفي كرة المخ والحيز تحت العنكبوتية حوالي 150 مل. وهذا السائل رائق وقليل اللزوجة، وبروتيناته ضئيلة جداً، ويحتوي كميات قليلة من الأملاح غير المعدنية والسكريات، إضافة إلى أعداد ضئيلة من الخلايا اللمفاوية. ويشبه هذا السائل بلازما الدم في تركيبه الأيوني، أي أن تركيز أيونات الصوديوم فيه عال، بينما يكون تركيز أيونات البوتاسيوم منخفضاً.

من حيث المنشأ، ينتج السائل الدماغي الشوكي من خلال الترشيح الدقيق والانتشار من الأوعية الدموية المغذية للضفيرة المشيمية والأم الحنون والدماغ نفسه. ويتراوح حجم السائل المنتج يومياً حولي 600-700 مل. ويتجدد هذا السائل باستمرار، وينتشر خلال حجرات الدماغ والحيز تحت الغلاف العنكبوتي، وإذا ما حدث أي نقصان في امتصاص السائل الدماغي الشوكي، أو منع تدفقه من حجرات الدماغ تنشأ حالة تسمى **موه الرأس hydrocephaly** التي تؤدي إلى تضخم الدماغ والرأس أثناء التكوين الجيني.

الفصل الثامن

8 الجهاز الدوري

Circulatory System

يتكون الجهاز الدوري من الدم والأوعية الدموية والقلب والأوعية اللمفاوية. وقد عالجنا سابقاً موضوع الدم كنوع من الأنسجة الضامة الخاصة. وتكون الأوعية الدموية إما شرايين أو أوردة أو شعيرات، وتقوم الشرايين بنقل الدم من القلب إلى الأنسجة بينما تعيده الأوردة إلى القلب، وتشكل الشعيرات شبكة من أنابيب دقيقة تربط بين الشرايين والأوردة، وتعمل كمواقع يتم عبرها تبادل المواد بين الدم والأنسجة. أما الأوعية اللمفاوية فتتكون من شعيرات تتشابك وتلتحم لتكون أوعية تتزايد في قطرها لتصب في أوردة كبيرة قريبة من القلب.

سندرس في هذا الفصل المكونات النسيجية لجدر الأوعية الدموية، ثم ننتقل لمعالجة التركيب النسيجي للأوعية الدموية والقلب، وسننهي الفصل بدراسة الأوعية اللمفاوية.

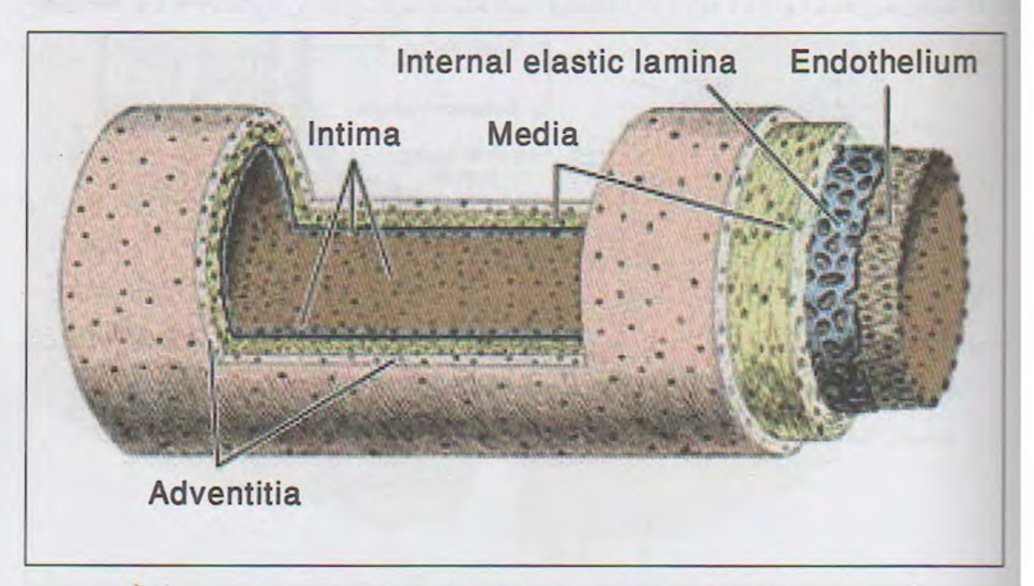
1. تركيب الأوعية الدموية

تشترك الأوعية الدموية، باستثناء الشعيرات، بوجود ثلاث طبقات في جدرها، ونستعرض فيما يلي هذه المكونات (شكل 1).

1.1 الطبقات Tunics

1.1.1 الطبقة الداخلية Tunica Intima

تتألف هذه الطبقة من صف واحد من **الخلايا البطانية endothelial cells** وهي خلايا طلائية حرشفية، ترتكز على صفيحة قاعدية. ويقع تحت هذه الصفيحة طبقة **تحت بطانية subendothelial** تتكون من نسيج ضام طري قد يحتوي خلايا عضلية ملساء (شكل 1).



(**شكل 1**) رسم يبين طبقات جدار وعاء دموي، كما في شريان عضلي

2.1.1 الطبقة الوسطى Tunica Media

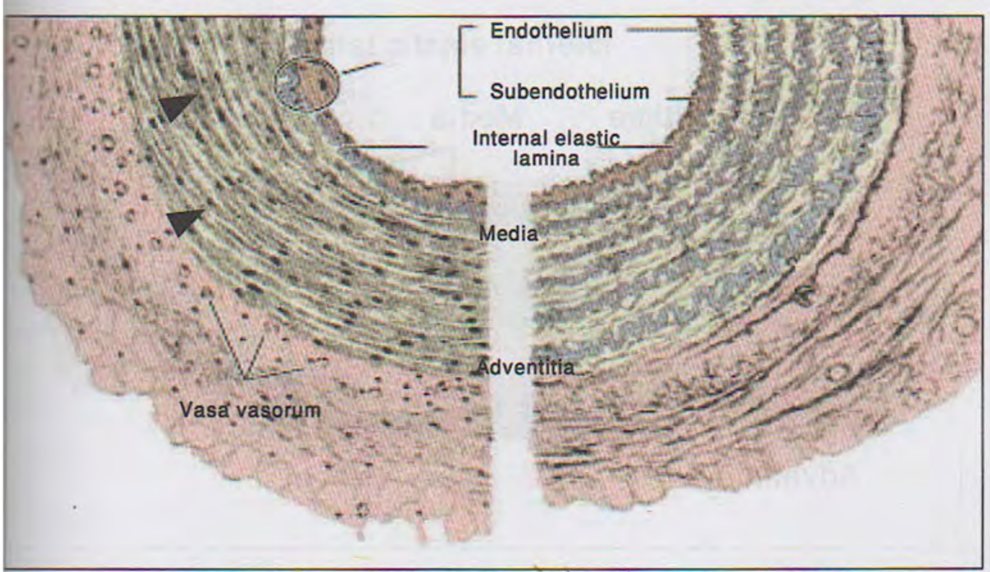
تتشكل هذه المنطقة من طبقات متراكزة من خلايا عضلية ملساء تتداخل بينها ألياف شبكية ومرنة وكربوهيدرات بروتينية. وفي الشرايين متوسطة القطر تنفصل هذه المنطقة عن الطبقة الداخلية بـ **صفيحة داخلية مرنة internal elastic lamina** مثقبة (شكل 1) تسمح بمرور المواد المغذية لجدار الوعاء الدموي. وفي الشرايين الكبيرة توجد **صفيحة خارجية مرنة external elastic lamina** تفصل الطبقة الوسطى عن الطبقة الخارجية. وفي الشعيرات، والوريّدات تختصر الطبقة الوسطى إلى **خلايا محيطية pericytes**، وهذا ما سنشير إليه لاحقاً.

3.1.1 الطبقة الخارجية Tunica Adventitia

تتكون هذه الطبقة من ألياف كولاجين تنتظم طولياً في محيط الوعاء الدموي، وتتصل هذه الطبقة تدريجياً بالنسيج الضام المغلف للعضو الذي يمر فيه ذلك الوعاء (شكل 1). ويغطي هذه المنطقة من الخارج نسيج طلائي حرشفي بسيط.

2.1 أوعية الأوعية Vasa Vasorum

تتزود جدر الأوعية الدموية الكبيرة بأوعية خاصة بها، توجد في طبقتها الخارجية (شكل 2). وتعمل هذه الأوعية على إيصال مواد الأيض اللازمة للمنطقتين المذكورتين. وبسبب قلّة الأكسجين والمواد المغذية في دم الأوردة، فإن جدرها تحتوي أوعية دموية أكثر من الشرايين. وكذلك توجد **شعيرات لمفاوية lymphatic capillaries** في الطبقة الوسطى من جدر الأوردة وفي الطبقة الخارجية من الشرايين.



(**شكل 2**) رسم يبين مقطعاً عرضياً في جدار شريان عضلي. لاحظ الألياف المرنة في الجزء الأيمن من الشكل، والألياف العضلية (ورؤوس أسهم) أوعية الأوعية في الجزء الأيسر منه

3.1 الإعصاب Innervation

تتزود معظم الأوعية الدموية التي تحتوي خلايا عضلية ملساء في جدرها بشبكة وافرة من الألياف **غير المنخعة unmyelinated**. وتوجد هذه الألياف، التي تطلق **نور إبنفرين norepinephrine** القابض للأوعية الدموية، في الطبقة الخارجية للشرايين، مما يستوجب انتشار الناقل العصبي لعدة ميكرومترات كي يؤثر في الخلايا العضلية للطبقة الوسطى. أما في الأوردة، فتوجد النهايات العصبية في الطبقتين الخارجية والوسطى، غير أن درجة الإعصاب في الأوردة أقل منها في الشرايين.

تجدر الإشارة إلى أن بعض الشرايين، مثل **الجيب السباتي carotid sinus** و**القوس الأبهري aortic arch** تحتوي **مستقبلات ضغط baroreceptors** ، وهي نهايات أعصاب واردة (حسية). كذلك توجد **مستقبلات كيميائية chemoreceptors** في جدر **الأجسام السباتية والأبهرية carotid and aortic bodies**.

2. أنواع الأوعية الدموية

بالنظر لبساطة تركيب الشعيرات الدموية، فإننا سنبدأ موضوعنا بدراسة تركيبها، وبعدها سننتقل لمعالجة تركيب الشرايين والأوردة.

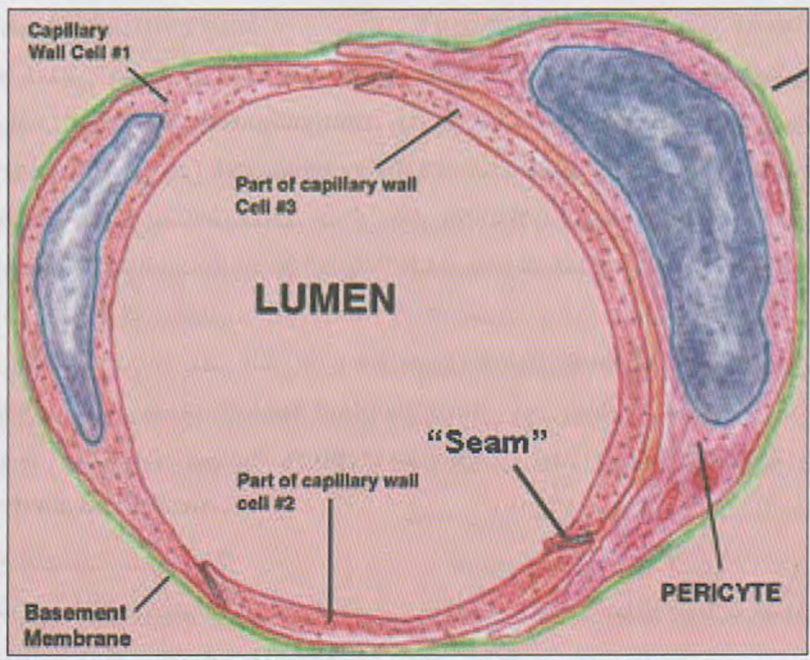
1.2 الشعيرات Capillaries

1.1.2 صفات الشعيرات

أ. تتكون من طبقة واحدة من خلايا بطانية، وفي مقطع عرضي يتبين أن جدار الشعيرات يتكون من عدد قليل من هذه الخلايا يتراوح بين 1 و3 (شكل 3). كذلك، يلاحظ أن هذه الخلايا ترتكز على صفيحة قاعدية.

ب. تأخذ الخلايا في مقطع عرضي شكلاً شبه هلالي مستدب عند طرفيه، ومنتفخ في الوسط بسبب وجود النوى (شكل 3). وتتصل هذه الخلايا بروابط محكمة وأخرى فجوية. ويحتوي سيتوبلازمها أعداداً قليلة من الميتوكوندريا وحوصلات شبكة إندوبلازمية خشنة، وجسم جولجي صغير.

ج. تحاط جدرها جزئياً بـ **خلايا محيطية pericytes** (شكل 3)، تحتوي **أكتين وميوسين وتروبوميوسين**. ويعزز وجود هذه الجزيئات الاعتقاد بأن للخلايا المحيطية قدرة انقباضية. وتشكل الخلايا المحيطية الطبقة الوسطى من جدر الشعيرات.



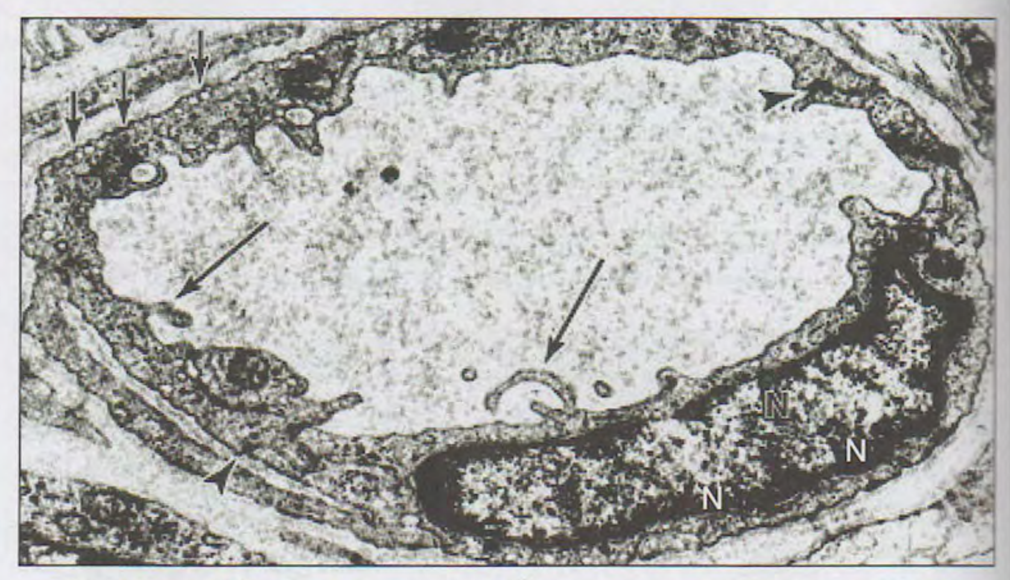
(**شكل** 3) رسم يبين تركيب شعيرة دم. لاحظ الصفيحة القاعدية والخلية المحيطية

د. تغلف جدرها بطبقة رقيقة من ألياف كولاجينية تعتبر رديفاً للطبقة الخارجية في الأوعية الدموية الكبيرة (شكل 4).

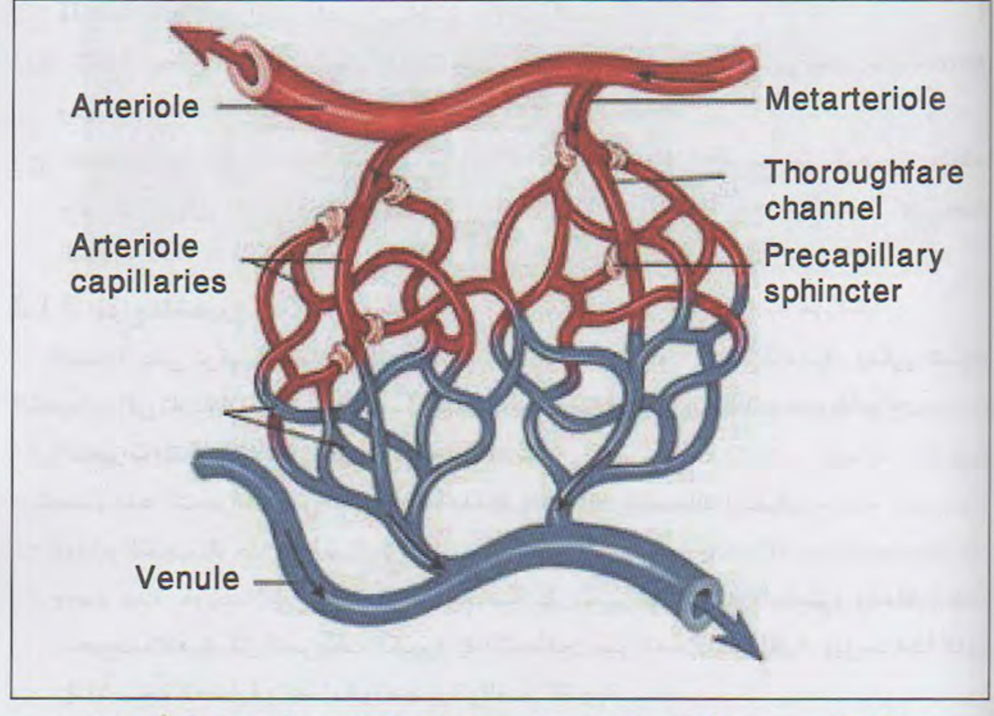
هـ. يتراوح قطرها بين 7 و9 µm، أما طول الواحدة منها فلا يتجاوز 50 µm. ويقدر الطول الكلي لشعيرات جسم الإنسان بحوالي 90.000 كلم.

و. تتفرع كثيراً، وتتصل بشبكة من الشرّينات والوريّدات، وكما نلاحظ من الشكل 5، فإن الشريّنات تتفرع إلى أوعية تدعى **ما بعد الشرّينات metarterioles** التي تحاط بطبقة غير متواصلة من العضلات الملساء. وتتفرع الأوعية الأخيرة إلى شعيرات لها مساحة سطحية كبيرة تسهل تبادل المواد بين الأنسجة والدم. وتوجد حلقة من خلايا عضلية ملساء قبل الشعيرات تشكل ما يسمى **العاصرة قبل الشعيرات precapillary sphincter** (شكل 5)، وتساهم هذه الحلقات في ضبط دوران الدم في الشعيرات، الأمر الذي تتحكم فيه أيضاً عوامل عصبية وهرمونية.

تجدر الإشارة إلى أن وفرة شبكة الشعيرات في أنسجة الجسم تعتمد على النشاط الأيضي لتلك الأنسجة. فالأنسجة ذات النشاط الأيضي المرتفع، كما في الكلية والكبد والعضلات الهيكلية والقلبية، لها شبكة شعيرات دموية غنية. وبالمقابل، فإن للأنسجة ذات النشاط الأيضي المنخفض شبكة شعيرات فقيرة، كما نلاحظ في النسيج العضلي الأملس، والنسيج الضام الكثيف.



(**شكل** 4) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لمقطع عرضي في شعيرة متواصلة. لاحظ النواة (N) وروابطا محكما (رأس سهم) وحوصلات شرب خلوي (أسهم صغيرة)، وزوائد سيتوبلازمية (أسهم طويلة) تشير إلى عملية بلعمة



(**شكل** 5) رسم يبين علاقة الشعيرات مع الشرايين الدقيقة (بعد الشريّنات) والأوردة الدقيقة (الوريّدات)

2.1.2 وظائف الشعيرات

من استعراضنا لصفات الشعيرات، يتبين أن جدرها الرقيقة وأقطارها الضيقة وبطء
الدم فيها (0.3 ملم في الثانية مقابل سرعة 320 ملم في الثانية في الأبهر) تجعل هذه الأ
مواقع ممتازة لتبادل الماء والمواد المذابة والجزيئات المختلفة والغازات بين الدم والأنسجة بـ
عالية. ويعتقد أن وجود ثقوب صغيرة، يتراوح قطرها بين 9 و 11 nm وأخرى كبيرة بقطر يـ
بين 50 و 70 nm، إضافة إلى حوصلات شرب خلوي وشقوق في أغشية الخلايا البطانية للشعي
يساهم في هذا التبادل.

تجدر الإشارة في هذا المقام إلى أن شعيرات الدماغ تختلف عن بقية شعيرات الجسم بافتق
إلى ثقوب وباحتوائها حوصلات شرب خلوي قليلة وروابط محكمة كثيرة. وبهذه الصفات ت
الشعيرات كي تكون جزءاً أساسياً من **الحاجز الدماغي الدموي blood-brain barrier** الذي
دخول جزيئات كبيرة من الدم إلى النسيج العصبي الدماغي، وبالتالي يحمي هذا النسيـ
دخول مواد كيميائية قد تكون سامة.

وتقوم الشعيرات بعدة وظائف أيضية من أهمها:

أ. تنشيط بعض المواد، مثل تحويل **الموتّر الوعائي angiotensin I** إلى **الموتّر الو**
angiotensin II، الذي يؤدي إلى تضيق الأوعية الدموية.

ب. تثبيط بعض المركبات، مثل **بروستاجلاندن prostaglandin** و**سيروتونين** **otonin**
وثرومبين thrombin **ونورابنفرن norepinephrine** وتحويلها إلى مركبات غير فعالة.

ج. تفكيك المركبات الدهنية البروتينية إلى جليسرايدات ثلاثية، تستعمل كمصدر ـ
وإلى كولسترول الذي يدخل في تركيب أغشية الخلايا والذي تصنع منه بعض الهرم
الستيرويدية.

3.1.2 أنواع الشعيرات

اعتماداً على تركيب الخلايا البطانية ووجود أو عدم وجود طبقة قاعدية، يمكن تـ
الشعيرات إلى ثلاثة أنواع، هي: المتواصلة والمثقبة والجيبية. وفيما يلي نعالج هذه الأنواع:

أ. الشعيرات المتواصلة Continuous Capillaries:

تتصف هذه الشعيرات، التي تسمى أيضاً **بدنية somatic** بالسمات التالية:

- إنعدام الثقوب في جدرها (شكل 4).
- وجود عدة حويصلات شرب خلوي، وخاصة في شعيرات النسيج العضلي، وتساهم
الحويصلات في نقل الجزيئات الكبيرة في الاتجاهين عبر الخلايا البطانية. ويوجد هذا ا
في الأنسجة العضلية والضامة والعصبية والغدد القنوية.

ب. الشعيرات المثقبة Fenestrated Capillaries:

وتدعى أيضاً الشعيرات الحشوية visceral، ومن أبرز سماتها:

- وجود ثقوب كبيرة في جدر الخلايا البطانية (شكل 8)، ويتراوح قطر هذه الثقوب بين 60 و80 µm وترتكز الخلايا الطلائية على طبقة قاعدية متواصلة.
- توجد في الأنسجة التي تحتاج إلى تبادل سريع للمواد مع الدم، كما في الكلية والأمعاء والغدد الصماء.

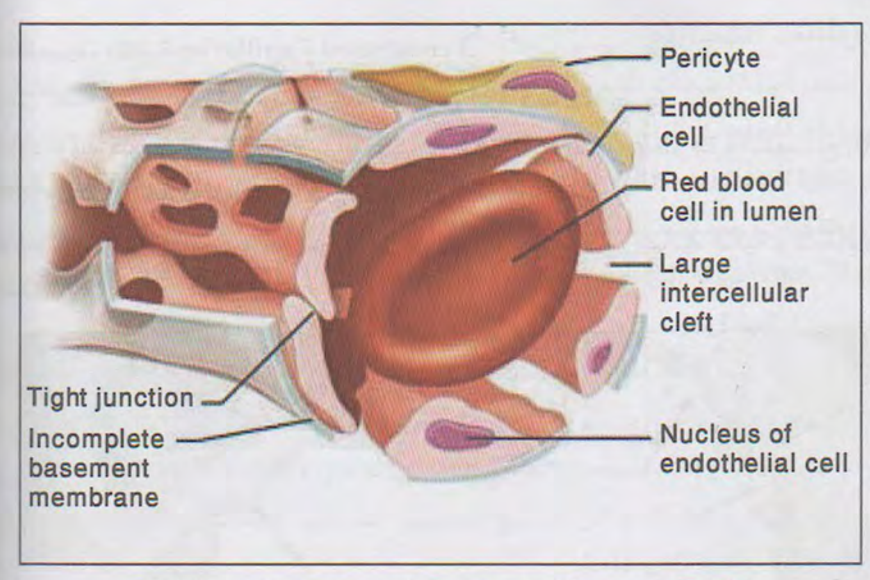


(شكل 6) صورة مجهرية إلكترونية في مقطع عرضي لشعيرة مثقبة. تشير الأسهم إلى حجب عند الثغور، وتظهر الأسهم الثنائية إلى محيط خارجي متواصل. N= نواة

ج. الشعيرات الجيبية Sinusoidal Capillaries:

توجد هذه الشعيرات في الكبد وفي العظم والطحال، ومن أبرز صفاتها:

- لها مسار متعرج وطبقتها القاعدية غير متواصلة.
- يتراوح قطرها بين 30 و 40 µm مما يؤدي إلى إبطاء دوران الدم.
- لخلاياها عدة ثقوب تفتقد إلى حجب (شكل7).



(**شكل** 7) رسم ببعد ثلاثي لشعيرة جيبية يظهر عدم اكتمال صفيحتها القاعدية

قبل نهاية حديثنا عن الشعيرات الدموية نشير إلى أن الاتصال بين الشرايين والأوردة الدقيقة قد يكون مباشراً دون الحاجة إلى شعيرات، ويكون ذلك عبر **التحام شرياني وريدي-arteriovenous anastomosis**، كما في المناطق المكشوفة من جلد الإنسان، مثل الأنف والشفتين والكفين والأذنين ورؤوس الأصابع. وتتغير أقطار تجاويف الالتحام المذكور بتغير الحالة الفسيولوجية للعضو المعني كما تساهم هذه التغيرات في ضبط تدفق وضغط الدم ودرجة الحرارة في مناطق محدودة من الجسم. وتكثر في جدر أوعية هذا الالتحام خلايا عضلية ملساء ونهايات عصبية للجهازين الودي ونظير الودي.

2.2 الشرايين Arteries

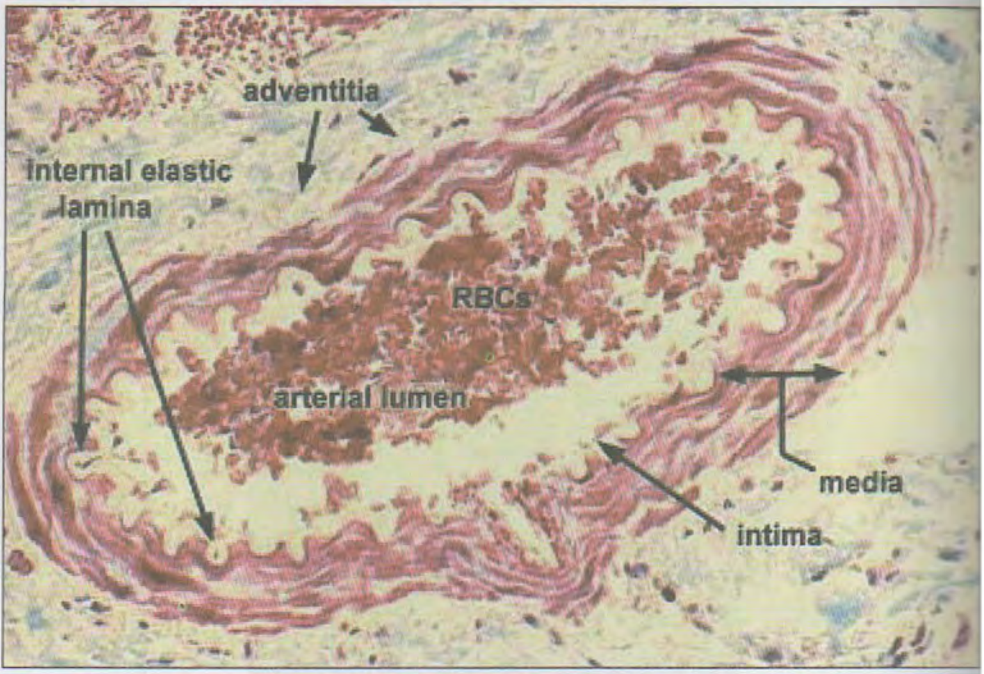
تنقل هذه الأوعية الدم من القلب إلى أنسجة الجسم، وهي تصنف حسب حجمها إلى **شرينات arterioles**، **وشرايين عضلية muscular arteries** ذات قطر متوسط أو كبير، **وشرايين مرنة elastic arteries**. وبشكل عام، يمكننا القول إن جدر الشرايين أغلظ من جدر الأوردة ذات القطر المشابه.

تجدر الإشارة إلى أن التركيب النسيجي لجدرِ الشرايين، كما مبين في الجدول 1، يتعرض لتغيرات بتقدم السن أو لأسباب مرضية أو خلقية. ومن التغيرات المعروفة في جدر الشرايين ضعف الطبقة الوسطى نتيجة قصور في تكوين ألياف كولاجين نوع IIII، مما يؤدي إلى تمدد جدار الشريان المتأثر ثم فتقه. كذلك، قد تتغلظ الطبقة الداخلية، أو تترسب جزيئات كولسترول بين العضلات الملساء، أو تتكون صفائح دهنية في تجويف الجدار، ونتيجة لذلك يحدث **تصلب الشرايين atherosclerosis**.

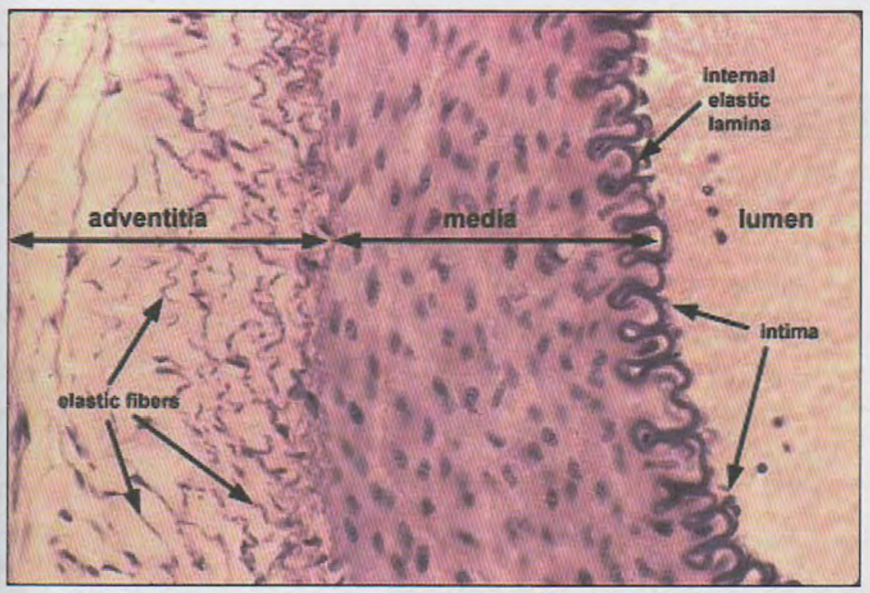
تسهيل المقارنة بين هذه الأنواع من الشرايين نبين مكونات جدرها في الجدول (1).

جدول (1): مقارنة التركيب النسيجي لجدر الشرايين بأنواعها

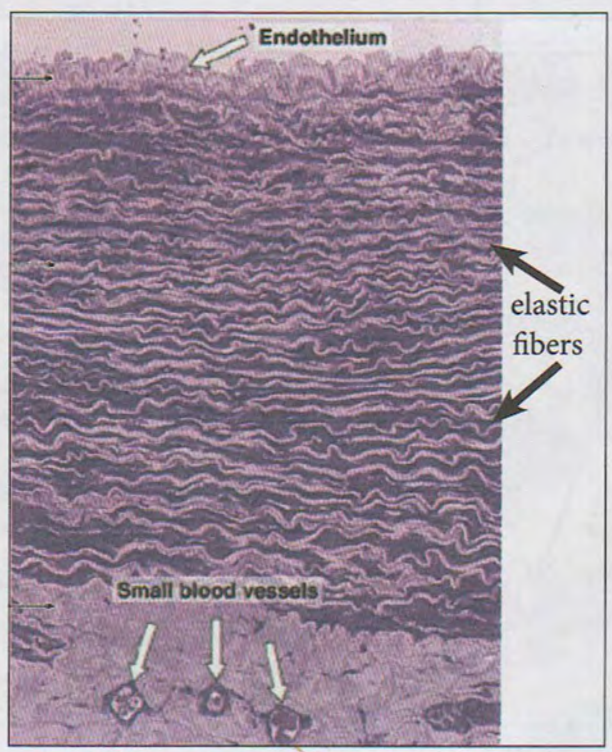
نوع الشريان	الطبقة الداخلية	الطبقة الوسطى	الطبقة الخارجية
شريان arteriole (**شكل** 8)	تتكون من خلايا بطانية وطبقة تحت بطانية رقيق	تتكون من 2-3 طبقات من خلايا عضلية ملساء	رقيقة وتحتوي ألياف كولاجين وألياف مرنة وخلايا ليفية قليلة
شرايين عضلية muscular arteries **والأمعاء (شكل** 9)	تتألف من خلايا بطانية وطبقة تحت بطانية رقيقة وبعض الألياف العضلية الملساء، إضافة الى صفيحة داخلية مرنة	تتشكل من 30-40 طبقة من عضلات ملساء، تتداخل بينها الياف مرنة وشبكية	تحتوي الياف كولاجينية ومرنة، وخلايا ليفية ودهنية وأوعية لمفاوية ودموية وأعصاب
شرايين كبيرة مرنة Large arteries **مثل الأبهر وتفرعاته** (شكل 10)	الطبقتان البطانية وتحت البطانية غليظتان نسبياً، وتنتظم ألياف الطبقة تحت البطانية طولياً	تتألف من 40-60 طبقة من ألياف مرنة، بينها خلايا عضلية ملساء وألياف شبكية	تتكون من ألياف مرنة وكولاجينية وليس لها صفيحة مرنة خارجية



(**شكل** 8) صورة مجهرية ضوئية لشريّن



(**شكل** 9) صورة مجهرية ضوئية لشريان عضلي



(**شكل** 10) صورة مجهرية ضوئية لشريان كبير (الأبهر). لاحظ وفرة الألياف المرنة في الطبقة الوسطى وأوعية الأوعية في الطبقة الخارجية

3.2 الأوردة Veins

تقوم هذه الأوعية بإعادة الدم إلى القلب، وذلك بمساهمة من صمامات في جدرها، وانقباض العضلات الهيكلية حولها، وتصنف الأوردة إلى ثلاث مجموعات، وهي: **الوريدات venules**، **والأوردة الصغيرة - المتوسطة small-medium sized veins** **والأوردة الكبيرة large veins** كما مبين في الجدول 2.

جدول(2): مقارنة التركيب النسيجي لجدر الأوردة بأنواعها

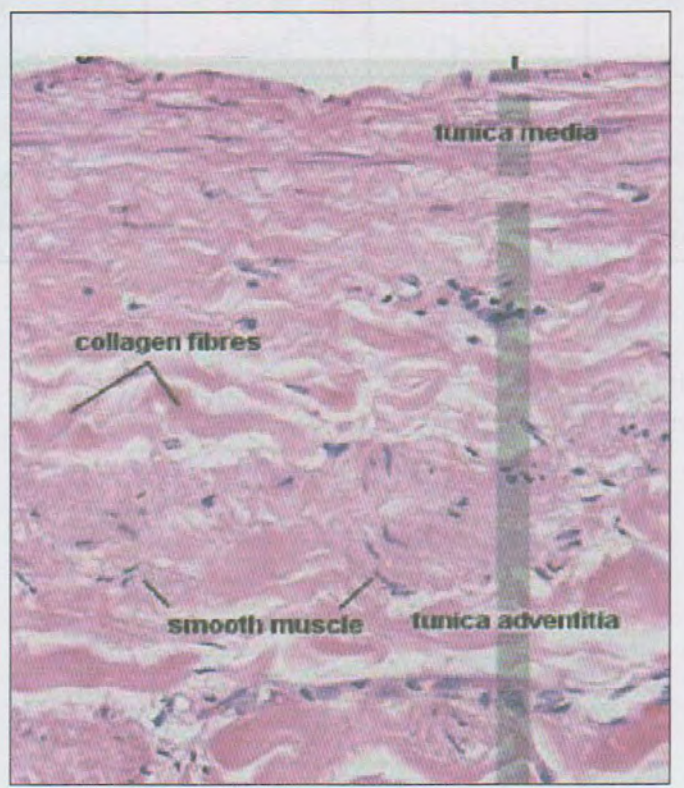
الطبقة الخارجية	الطبقة الوسطى	الطبقة الداخلية	نوع الوردي
هي الطبقة الأغلظ وتتكون من ألياف كولاجين	تتكون من 1-3 طبقات من العضلات الملساء	رقيقة وتحاط بألياف شبكية وبعض الخلايا الليفية	**وريدات** venules (شكل 11)
غليظة وفيها حزم من ألياف كولاجين وشبكة من الألياف المرنة	تتشكل من 3-5 حزم صغيرة من عضلات ملساء تتخللها ألياف مرنة وشبكية	تتألف من خلايا بطانية ترتكز على طبقة تحت بطانية دقيقة ويخرج منها صمامات	**أوردة صغيرة - متوسطة** small-medium veins **مثل وريد الكلية ووريد الفخذ** (شكل 12)
غليظة جداً، وفيها حزم طويلة ودائرية من خلايا عضلية ملساء ، وألياف مرنة، وحزم كولاجينية	رقيقة وفيها طبقات قليلة من عضلات ملساء والكثير من النسيج الضام	ترتكز الخلايا البطانية على طبقة تحت بطانية ، وتمتد منها صمامات باتجاه تجويف الوريد	**أوردة كبيرة** large veins **مثل الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي** (شكل 13)



(**شكل 11**) صورة مجهرية ضوئية في وريّد صغير في مقطع طولي(فوق) ومقطع عرضي (تحت يمين)، يظهر إلى يساره مقطع عرضي في شريّن دقيق. تشير رؤوس الأسهم إلى عضلات ملساء في جدر هذه الأوعية

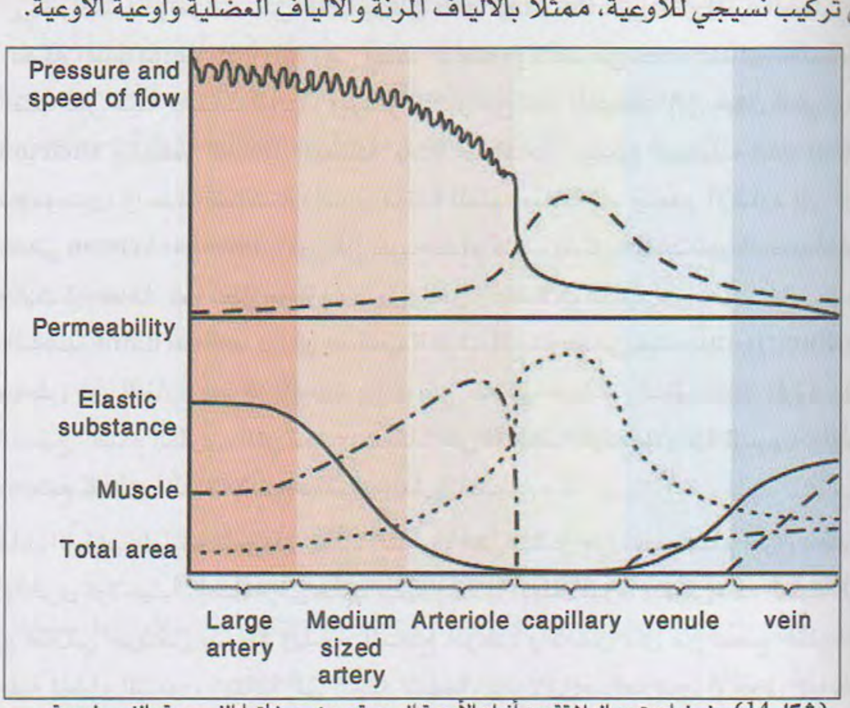


(**شكل** 12) صورة بالمجهر الضوئي لمقطع عرضي من جدار وريد صغير. متوسط. لاحظ الصمام (سهم) داخل الوريد. كذلك، لاحظ عدد طبقات العضلات الملساء (3-5) في جدار الوريد



(**شكل** 13) صورة بالمجهر الضوئي لجزء من جدار الوريد الأجوف العلوي. لاحظ وفرة الألياف العضلية في الطبقة الخارجية وكذلك وجود أوعية دموية في هذه الطبقة

إرجع للشكل 14 ولاحظ العلاقة بين ضغط الدم وسرعة تدفقه ونفاذية الأوعية له، وما يقابل ذلك من تركيب نسيجي للأوعية، ممثلاً بالألياف المرنة والألياف العضلية وأوعية الأوعية.



(شكل 14) منحنيات تبين العلاقة بين أنواع الأوعية الدموية وبعض صفاتها النسيجية والفسيولوجية

3. القلب Heart

يتكون هذا العضو من كتلة من الألياف العضلية القلبية التي تنقبض بإيقاع منظم، وتضخ الدم إلى جميع مناطق الجسم. كذلك ينتج الأذين الأيمن، هرموناً يدعى **البروتين الأذيني المدر للصوديوم** **atrial natriuretic protein** المسؤول عن إنقاص ضغط الدم الزائد و إعادته إلى المستوى الطبيعي.

يتكون جدار القلب من أجزاء ثلاثة هي: **بطانة القلب (الشغاف)** **endocardium** **وعضلة القلب** **myocardium** **والنخاب**. **epicardium** (شكل 15) وللقلب منطقة مركزية تتشكل من **هيكل ليفي** **fibrous skeleton** يعمل كقاعدة لصمامات القلب وكمرتكز للألياف العضلية القلبية. ونعالج فيما يلي أغلفة القلب، وهيكله الليفي وصماماته ومنظم ضرباته.

1.3 الأغلفة Tunics

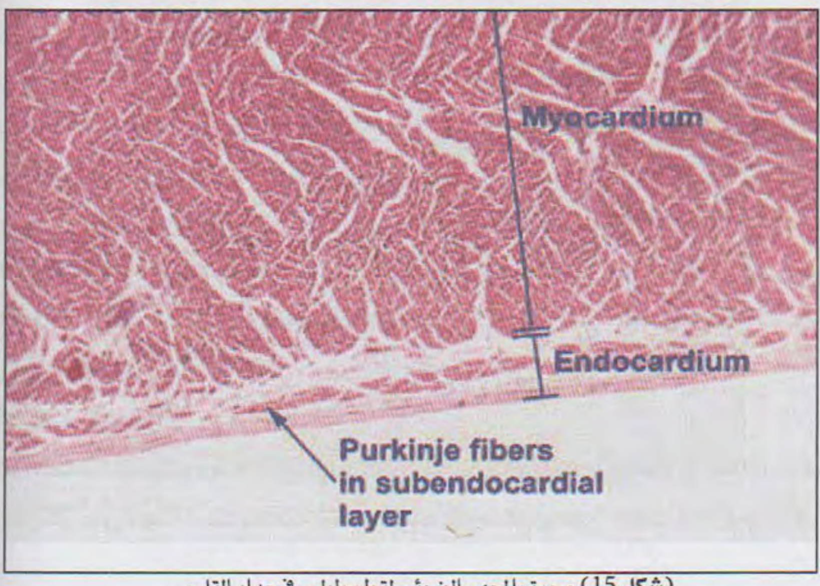
أ. **بطانة (شغاف) القلب endocardium**: وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية الحرشفية التي ترتكز على طبقة تحت بطانية تتألف من نسيج ضام يحتوي ألياف كولاجين، وألياف مرنة

وخلايا عضلية ملساء (شكل 15)، وتنفصل بطانة القلب عن عضلة القلب بمنطقة تحتوي أوردة وأعصاباً وتفرعات من **خلايا بركني Purkinji cells** التي تنقل المنبه العصبي.

ب. عضلة القلب myocardium: وهي أغلظ الأغلفة، وتتألف من خلايا عضلية تحيط بحجرات القلب على هيئة طبقات لولبية. ويرتكز الكثير من تلك الطبقات إلى **هيكل ليفي fibrous skeleton** . وتنتظم الخلايا العضلية بعدة اتجاهات. ويمكن تصنيف هذه الخلايا إلى مجموعتين: واحدة انقباضية وأخرى مولدة للمنبه وناقلة له. وتجدر الإشارة إلى أن **الهيكل الليفي fibrous skeleton** يتكون من نسيج ضام كثيف يشكل حلقات تحيط بصمامات القلب وتثبت قواعدها، كما تمثل مركزا لأصول وانغراز عضلات القلب.

ج. النخاب epicardium: يشكل النخاب الطبقة الحشوية من **غشاء التامور pericardium** ويغطى من الخارج بطبقة واحدة من نسيج طلائي حرشفي تستند على طبقة رقيقة من النسيج الضام الطري، التي تحتوي شبكات من الألياف المرنة والأوعية الدموية والأعصاب. ويتجمع في هذه المنطقة نسيج دهني يحيط بالقلب.

يقابل النّخاب الطبقة المحيطة لغشاء التامور، التي تتشكل من نسيج ضام طري يحتوي أليافاً مرنة وأخرى كولاجينية، إضافة إلى خلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة. وتغطى هذه الطبقة المحيطية بنسيج طلائي حرشفي بسيط. ويسمح السطح الرطب والأملس لكل من سطح القلب والطبقة المحيطية لغشاء التامور، إضافة إلى الحيز بينهما، بإنزلاق إحداها فوق الأخرى أثناء انقباض واسترخاء القلب. وعندما يتقلص الحيز بين الطبقتين، كما يحدث عند التهاب غشاء التامور، تتقيد حركة القلب إلى حد كبير.



(**شكل** 15) صورة بالمجهر الضوئي لمقطع طولي في جدار القلب

2.3 صمامات القلب Valves of the Heart

تتكون صمامات القلب من لب من نسيج ضام كثيف غير منتظم يحتوي أليافاً كولاجينية ومرنة، إضافة إلى نسيج شبه غضروفي. ويحاط هذا اللب بخلايا بطانية تمثل استمراراً لخلايا بطانة القلب. وتتصل أسس هذه الصمامات بالحلقات الليفية في الهيكل الليفي للقلب. تجدر الإشارة إلى أن الصمامات الأبهرية والرئوية لا تحتوي أوعية دموية بخلاف الوضع في الصمامات الأذينية البطينية.

3.3 منظمات ضربات القلب

يتشكل نظام توليد ونقل المنبه في القلب من عدة تراكيب تسمح للأذينين والبطينين بالانقباض والانبساط بإيقاع منظم، ومن هذه التراكيب: العقدة الجيبية الأذينية والعقدة الأذينية البطينية وحزمة هس (شكل 16).

أ. العقدة الجيبية الأذينية Sinoatrial Node

وتقع عند نقطة دخول الوريد الأجوف العلوي للأذين الأيمن (شكل 16)، ولخلايا هذه العقدة صفات عضلية وعصبية، وتعمل هذه العقدة كمنظم لضربات القلب.

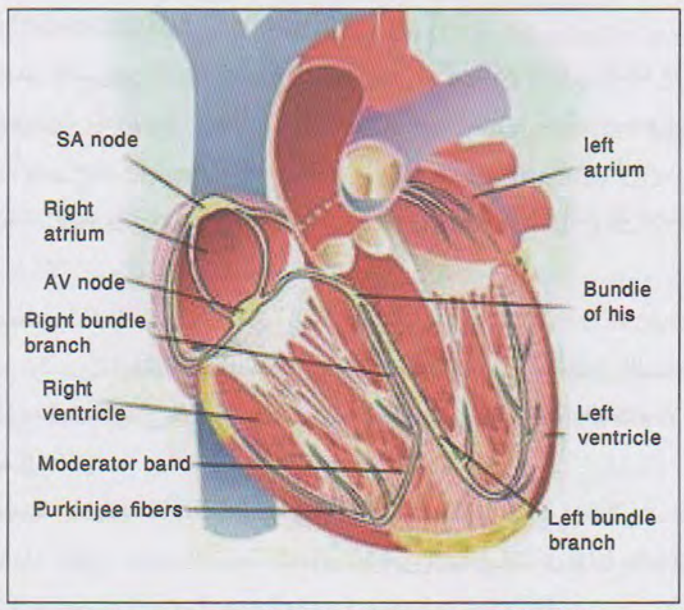
ب. العقدة الأذينية البطينية Atriovenricular Node

وتقع أسفل الجدار الفاصل بين الأذينين (شكل 16) وتتكون من خلايا لها صفات عضلية عصبية، إضافة إلى شريّنات وكميات وفيرة من النسيج الدهني.

ج. حزمة هسْ bundle of His

وتوجد في الجزء العلوي من الجدار الفاصل بين البطينين، وتتشكل من ألياف بركنجي **Purkinje fibers** (شكل 16) التي تخترق الهيكل الليفي للقلب وتنقسم إلى **فرع حزمة أيمن right bundle branch** وفرع **حزمة أيسر left bundle branch**، الذي ينقسم بدوره إلى **حزمة أمامية anterior fasicle** و**حزمة خلفية posterior fasicle** (شكل 16). وتغطي هذه الخلايا المنطقة الممتدة من حزمة هسّ عبر الطبقة تحت البطانية القلبية إلى قمة القلب، حيث تعكس اتجاهها وتغطي أفرعاً جانبية تتصل بالعضلات البطينية بواسطة روابط فجوية. ويسمح هذا التنظيم النسيجي بسرعة نقل الانقباض إلى قمة القلب حيث ينقبض أولاً لدفع الدم من البطينين، وبعد ذلك تمتد موجة الانقباض إلى منطقة صمامي الشريانين الرئوي والأبهري.

يتزود القلب بأعصاب من الجهازين الودي ونظير الودي، وعلى الرغم من أن هذه الأعصاب لا تؤثر في توليد ضربات القلب، إلا أنها تؤثر في إيقاع هذه الضربات. ويؤدي حفز الجهاز الودي وكذلك زيادة إفراز هرمون **إبنفرين epinephrine** إلى تسريع الإيقاع، بينما يؤدي حفز الجهاز نظير الودي إلى إبطائه.



(**شكل** 16) رسم يبين مكونات القلب ونظام توليد ونقل المنبهات

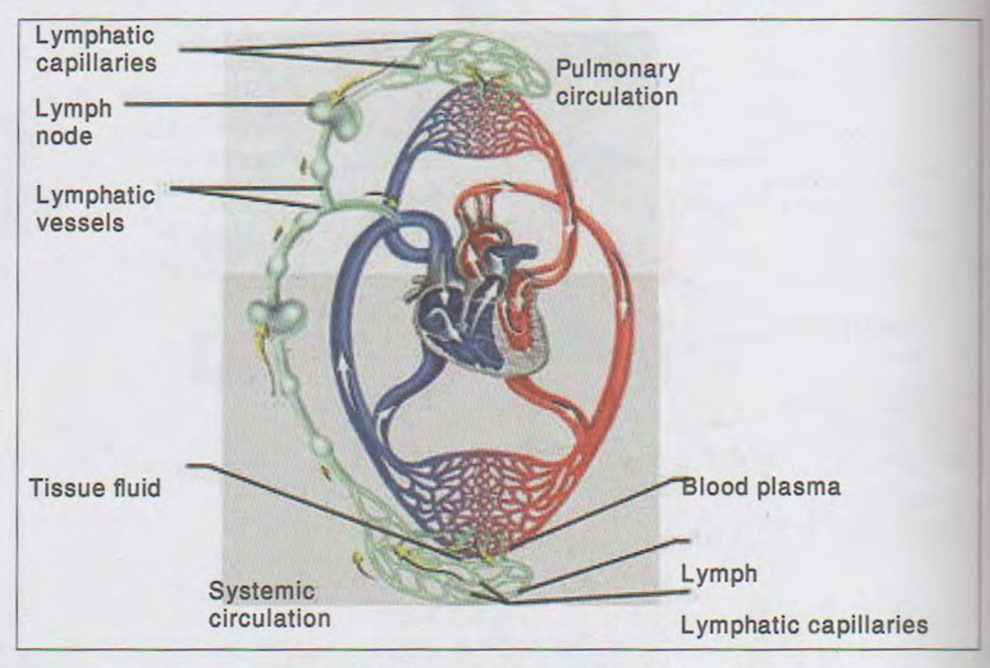
4. الجهاز الدوري اللمفاوي Lymphatic Vascular System

لجسم الإنسان جهاز لمفاوي يتكون من قنوات رقيقة الجدر ومبطنة بخلايا طلائية حرشف
تجمع السوائل من الحيزات النسيجية وتعيدها إلى الدم. وبخلاف الدم، يتحرك هذا السائل الذ
يسمى **لمف lymph** باتجاه القلب فقط (شكل 17).

أدق مكونات هذا الجهاز هي **الشعيرات اللمفاوية lymphatic capillaries** التي تبدأ في أنسج
الجسم كأوعية مكونة من طبقة واحدة من الخلايا البطانية، ولا تحتوي هذه الشعيرات أية ثقو
في جدرها، ولا يوجد بين خلاياها البطانية أية روابط محكمة، كما أن خلاياها لا ترتكز عل
صفيحة قاعدية متواصلة. من جهة أخرى، تبقى الشعيرات اللمفاوية مفتوحة بمساهمة حزم م
الليفات المرنة الدقيقة التي تشد جدر الشعيرات إلى النسيج الضام المحيط بها.

تمتص الشعيرات اللمفاوية بعض **المنحلات بالكهرباء electrolytes** والبروتينات التي تخر
من شعيرات الدم، وينقل اللمف من الشعيرات إلى أوعية أكبر فأكبر لتصب في قناتين كبيرت
هما: **القناة اللمفاوية اليمنى right lymphatic duct** التي تجمع هذا السائل من النص
الأيمن من الجسم فوق الحاجز، و**القناة الصدرية thoracic duct** التي تستلمه من بقية أجز
الجسم (شكل 18). وتصب كل من هاتين القناتين في موقع التقاء **الوريد الودجي الداخلي الأيـ
internal jugular vein** مع **الوريد تحت الترقوي الأيسر left subclavian vein** و**الوريد الودج
الداخلي الأيمن right internal jugular vein** (شكل 18). وتوجد في مسار الأوعية اللمفاو

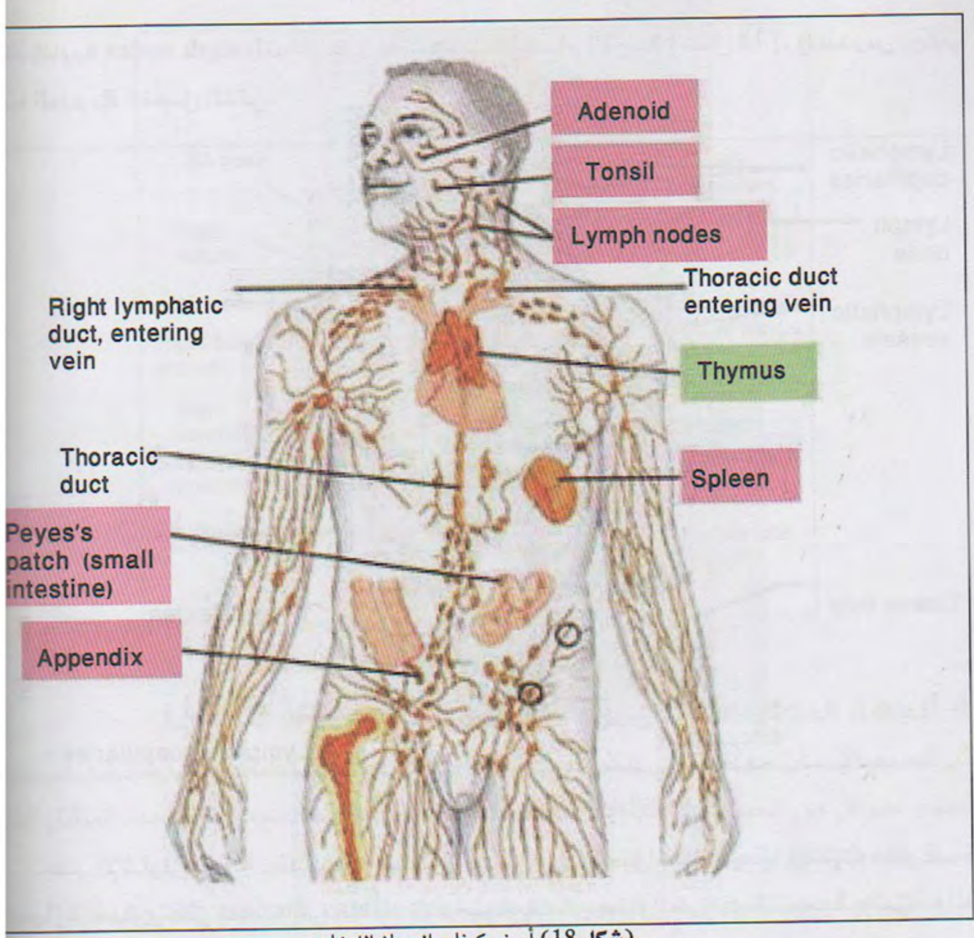
عقد لمفاوية **lymph nodes** تدافع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة (شكل 18). وسندرس تركيب هذه العقد في الفصل التالي.



(**شكل** 17) رسم يبين نقل اللمف باتجاه القلب فقط

تجدر الإشارة إلى أنه عند تجمع السائل اللمفاوي في الحيزات النسيجية، بسبب عدم قدرة الجهاز اللمفاوي على إعادته إلى القلب، تنتفخ تجاويف الجسم والحيزات النسيجية، وتنشأ حالة تسمى **استسقاء edema**. ويعتبر **مرض الفيال elephantiasis** مثالاً على هذه الحالة التي تحدث بسبب انسداد الأوعية اللمفاوية ببعض الطفيليات.

ومن حيث التركيب النسيجي، تتماثل الأوعية اللمفاوية الكبيرة مع الأوردة في عدة أمور أبرزها: وجود ثلاث طبقات في جدرها الرقيقة، إضافة إلى وجود صمامات داخلية، وحزم من الألياف العضلية الدائرية الملساء في الطبقة الوسطى. وتلاحظ في جدر القناتين اللمفاويتين الكبيرتين (اللمفاوية اليمنى والصدرية) وفرة من الأوعية الدموية والألياف العضلية الملساء والأعصاب. وتتمكن الأوعية اللمفاوية من إعادة السائل اللمفاوي إلى القلب بمساعدة العضلات الهيكلية المحيطة بها، إضافة إلى الصمامات التي أشرنا إليها.



(**شكل** 18) أبرز مكونات الجهاز اللمفاوي

9

الفصل التاسع

الجهاز اللمفاوي

The Lymphoid System

يمتلك الإنسان كياناً كيميائياً خاصاً به، ويشكل دخول أية مواد غريبة إلى جسمه حالة تستدعي التصدي لها بنظام دفاعي فعال. ويوجد في الإنسان جهاز مناعي يسمى الجهاز اللمفاوي، يحمي الجسم من تأثيرات تلك المواد التي قد تكون جزيئات أو فيروسات أو بكتيريا أو غيرها من المواد الغريبة. وللقيام بمهمة الدفاع، يمتلك جهاز المناعة قوة استطلاع جيدة تميز الأجسام الدخيلة، ثم تهاجمها مباشرة بوساطة خلايا لمفاوية أو بوساطة أسلحة مختارة تتمثل بالأجسام المضادة، وبمساعدة فرق تشبه المرتزقة، تدعى الخلايا الأكولة الكبيرة. يتكون الجهاز اللمفاوي من خلايا وأعضاء موزعة في أنحاء الجسم، أما الخلايا فإن أبرزها هي الخلايا اللمفاوية التي تكوّن مع الخلايا الشبكية أعضاء وعقيدات لمفاوية، تنتشر في أجهزة الهضم والتنفس والإخراج.

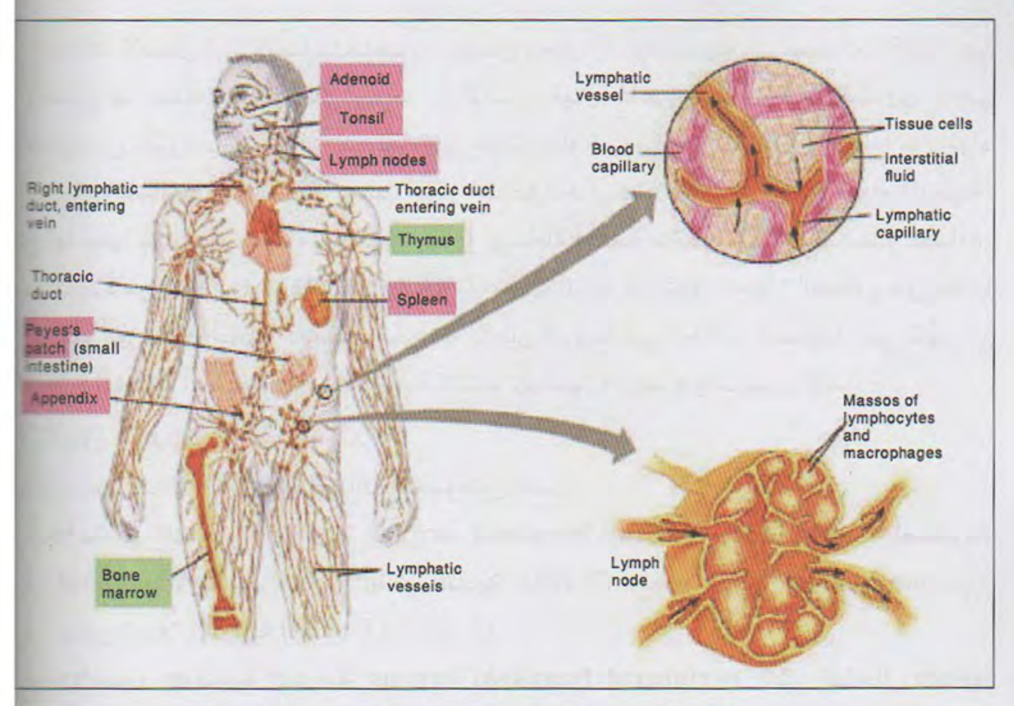
1. أنواع الأعضاء اللمفاوية

يمكن تصنيف الأعضاء اللمفاوية إلى مجموعتين، هما:

أ. **الأعضاء اللمفاوية المركزية central lymphoid organs**، وتشمل **الغدة الصعترية thymus gland** حيث تتكون **الخلايا التائية (T cells)**، ونخاع العظم **bone marrow** حيث تتكون الخلايا البائية (B cells) (شكل 1).

ب. **الأعضاء اللمفاوية الطرفية peripheral lymphoid organs**، مثل الطحال **spleen** والعقد اللمفاوية **lymph nodes**، واللوزات **tonsils** والعقيدات اللمفاوية **lymphatic nodules** والزائدة الدودية **vermiform appendix** و رقع باير **Peyer's patches** في الأمعاء الدقيقة (شكل 1). ويمكننا اعتبار الأعضاء المركزية مواقع تدريب تنشأ فيها وتنطلق منها الخلايا اللمفاوية، بينما تعتبر الأعضاء الطرفية "ساحات قتال" يتم فيها مواجهة "الأعداء"، ويشبّه الدم والسائل اللمفاوي بخطوط مواصلات ينتقل عبرها أفراد جيش المناعة.

في هذا الفصل سندرس وظائف الجهاز المناعي وأنواع التفاعلات المناعية، إضافة إلى الخلايا والأعضاء المناعية، مشيرين إلى قيمتها الوظيفية دون الخوض بالأساس الجزيئي لعمل هذا الجهاز، ذلك أن هذا الموضوع يغطى بمادة **علم المناعة immunology**.



(**شكل** 1) رسم يبين توزيع النسيج اللمفاوي في جسم الإنسان

2. وظائف الجهاز اللمفاوي

يقوم الجهاز اللمفاوي بالوظائف التالية:

أ. يخرج من الدم إلى أنسجة الجسم حوالي ثلاثة لترات يومياً من الماء بما فيه من أملاح وبروتينات، ويعود هذا السائل الذي يسمى **لمف lymph** إلى الجهاز اللمفاوي بانتشاره خلال شعيرات لمفاوية تتداخل بين الشعيرات الدموية، حيث تصب في الأوعية اللمفاوية ومن ثم في الأوردة القريبة من القلب. وفي حالة عدم عودة اللمف إلى القلب، فإنه يتجمع في الحيزات البينية (بين الأنسجة)، ويؤدي ذلك إلى انتفاخ الأنسجة وتجاويف الجسم وينشأ عن تلك الحالة **استسقاء edema**. ومن العوامل التي تؤدي إلى هذه الحالة انسداد الأوعية اللمفاوية بديدان طفيلية، حيث ينتج عن ذلك **مرض الفُيال elephantiasis**.

ب. الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة، فعلى امتداد الأوعية اللمفاوية توجد انتفاخات تدعى **عقد لمفاوية lymph nodes** توجد داخلها شبكة من النسيج الضام الذي تمتلئ حيزاته بخلايا دم بيضاء، وأهمها الخلايا اللمفاوية المتخصصة بالدفاع عن الجسم. وعند مقاومة الجسم للمواد الغريبة تتكاثر الخلايا اللمفاوية بسرعة فائقة، مما يجعل العقد اللمفاوية طرية وأكبر حجماً. وعند اشتباه الطبيب بإصابة الجسم بنوع من الالتهاب، فإنه يتحسس قوام وحجم العقد اللمفاوية.

ج. امتصاص المواد الدهنية التي هضمت في الأمعاء الدقيقة وذلك بواسطة شعيرات لمفاوية تدعى **اللوابن lacteals** التي توجد في لب خملات الأمعاء الدقيقة. وتنتقل المواد الدهنية من اللوابن إلى أوعية لمفاوية أكبر فأكبر إلى أن تصب في **القناة الصدرية thoracic duct** التي أشرنا إليها في فصل سابق.

3. أنواع التفاعلات المناعية

يتوفر في جسم الإنسان نوعان من التفاعلات المناعية هما: **المناعة الخلوية cellular immunity** و**المناعة الخِلْطية humoral immunity**. ونستعرض تالياً أبرز سمات هذين النوعين:

1.3 المناعة الخلوية

في هذا النوع من المناعة تتفاعل **خلايا مناعية مقتدرة immunocompetent cells** مع الأحياء الدقيقة والخلايا الناتجة من أورام أو أعضاء مزروعة في الجسم، وكذلك الخلايا المعدية بالفيروسات، وتقتلها فيما بعد. والخلايا التي تقوم بهذه المهمة هي الخلايا اللمفاوية التائية.

2.3 المناعة الخِلْطية

تعتمد هذه المناعة على وجود **أجسام مضادة antibodies** في الدم، وهي بروتينات **كربوهيدارتية glycoproteins** تقتل الأجسام الغريبة. وتتكون الأجسام المضادة من قبل **الخلايا البلازمية plasma cells** التي تنتجها الخلايا اللمفاوية البائية، ولقد تحدثنا عن هذين النوعين من الخلايا في فصل سابق. ونظراً لأهمية مولدات الضد والأجسام المضادة في المناعة الخلطية، فإننا سنغطي المعلومات الأساسية المتعلقة بها.

أ. **مولدات الضد Antigens**

يؤدي دخول جسم غريب (مولد ضد) إلى الجسم لنوع من الاستجابة في جهاز المناعة، وقد تكون هذه الاستجابة خلوية أو خلطية، لكنها غالباً ما تشمل النوعين معاً. وقد تكون مولدات الضد موجودة على أسطح أو داخل خلايا كاملة، مثل البكتيريا أو الخلايا السرطانية، أو قد تكون على هيئة جزيئات كبيرة مثل البروتينات والكربوهيدرات المتعددة أو البروتينات النووية. وفي كل الحالات، تكون دقة الاستجابة مبنية على مناطق جزيئية صغيرة تدعى **محددات مولد الضد antigenic determinants**. وتتكون المحددات ضد البروتينات والكربوهيدرات المتعددة من 4-6 أحماض أمينية وعدد مماثل من الكربوهيدرات الأحادية، ويثير مولد الضد ذو المحددات المتعددة، كالبكتيريا، استجابات خلوية وخلطية واسعة.

ب. الأجسام المضادة Antibodies

هذه بروتينات كربوهيدراتية (وتدعى أيضاً **جلوبيولينات المناعة immunoglobulins**) تتفاعل مع محددات مولد الضد بدقة متناهية. وتفرز هذه الأجسام من الخلايا البلازمية التي تنشأ نتيجة توالد وتمايز الخلايا اللمفاوية البائية. ويمكن تحديد أربع مجموعات من جلوبيولينات المناعة في جسم الإنسان، وهي:

1. **جلوبيولين المناعة IgG G**، وهي المجموعة الأكثر شيوعاً، وتشكل حوالي 70% من جلوبيولينات مصل الدم، وهو النوع الوحيد الذي يستطيع عبور المشيمة لينتقل إلى الجنين كي يحميه من العدوى.
2. **جلوبيولين المناعة IgA A**، ويتوفر بكميات قليلة في الدم، وهو النوع الرئيسي من جلوبيولينات المناعة في الدموع واللعاب واللبا، وإفرازات الأنف والأمعاء والقصيبات والبروستات، وكذلك في سائل المهبل.
3. **جلوبيولين المناعة IGM M** و يشكل حوالي 10% من جلوبيولينات مصل الدم وهو النوع السائد في الاستجابات المناعية المبكرة، وله القدرة على الارتباط بأغشية الخلايا البائية ليعمل كمستقبل خاص لمولدات الضد.
4. **جلوبيولين المناعة IgE E** ذو الميل الكبير لمستقبلات في أغشية **الخلايا الصارية mast cells** و**الخلايا قاعدية الاصطباغ basophils**.

4. أنواع الخلايا المناعية

تحتوي الأعضاء اللمفاوية التي سنعالجها لاحقاً خلايا لمفاوية وخلايا مقدّمة لمولدات الضد وخلايا أكولة كبيرة. وفي فصل سابق ذكرنا الخلايا اللمفاوية كنوع اساسي من خلايا الدم البيضاء، وأشرنا إلى أن هذه الخلايا قد تكون بائية (B) تنشأ في نخاع العظم أو تائية (T) تتكون في الغدة الصعترية. وذكرنا أيضاً أنه توجد من الخلايا التائية أربعة أنواع هي: **المسممة cytotoxic** أو **القاتلة killer** و**المساعدة helper**، و**الكابحة suppressor**، و**الذاكرة memory**.

أما الخلايا **المقدّمة لمولدات الضد antigen-presenting** فإنها توجد في معظم الأنسجة، ولها القدرة على التعامل مع مولدات الضد وتقديمها للخلايا اللمفاوية. وتشمل هذه الطائفة من الخلايا التي تنشأ في نخاع العظم، خلايا مختلفة مثل الخلايا الأكولة كبيرة، **وخلايا لانجرهانس Langerhans cells** في الجلد وخلايا M في الأمعاء الدقيقة. وتشير الدراسات إلى أن الخلايا المقدمة لمولدات الضد تلتقط الأجسام الغريبة وتفككها جزئياً في الأجسام الحالة، ثم تعيد جزءاً من المادة المفككة إلى سطحها. وتعتبر هذه العملية ضرورية، ذلك أن معظم مولدات الضد لا

تفاعل مباشرة مع الخلايا اللمفاوية. وبالنسبة للخلايا الأكولة الكبيرة فقد عالجناها عند دراستنا الأنسجة الضامة.

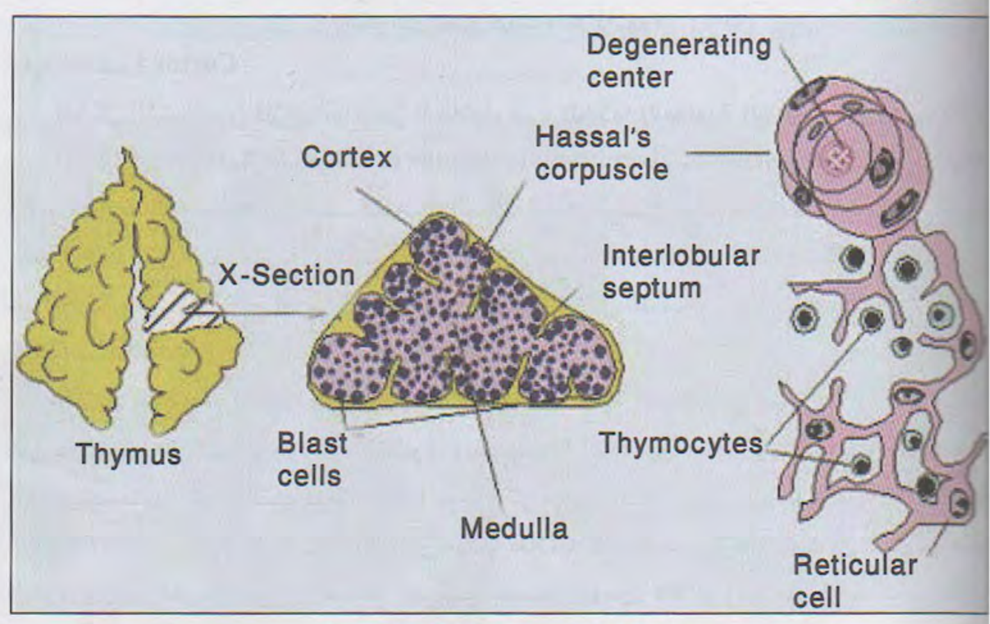
5. الأعضاء اللمفاوية Lymph Organs

1.5 الغدة الصعترية Thymus Gland

تقع هذه الغدة في منطقة الصدر تحت **القص sternum** وتنمو بشكل كبير يتناسب مع نمو الجسم بعد الولادة مباشرة، إلا أنها تبدأ بالانكماش بعد سن البلوغ، إذ يبدأ النسيج الدهني باختراقها. وتحاط الغدة الصعترية بكبسولة من النسيج الضام الكثيف غير المنتظم الذي يمتد إلى داخلها ليقسمها إلى **فصيصات lobules**، لكل منها محيط داكن يدعى **القشرة cortex** ومنطقة مركزية تسمى **اللب medulla** (شكل 3.2).

أ. الكبسولة Capsule

تتكون الكبسولة من نسيج ضام كثيف يحتوي ألياف كولاجين وخلايا ليفية، إضافة إلى أوعية دموية، تدخل الكبسولة وتتفرع معها داخل الغدة لتكوّن **حواجز spetae** تقسم الغدة إلى فصيصات كما ذكرنا آنفاً.



(**شكل 2**) رسم يبين مكونات الغدة الصعترية



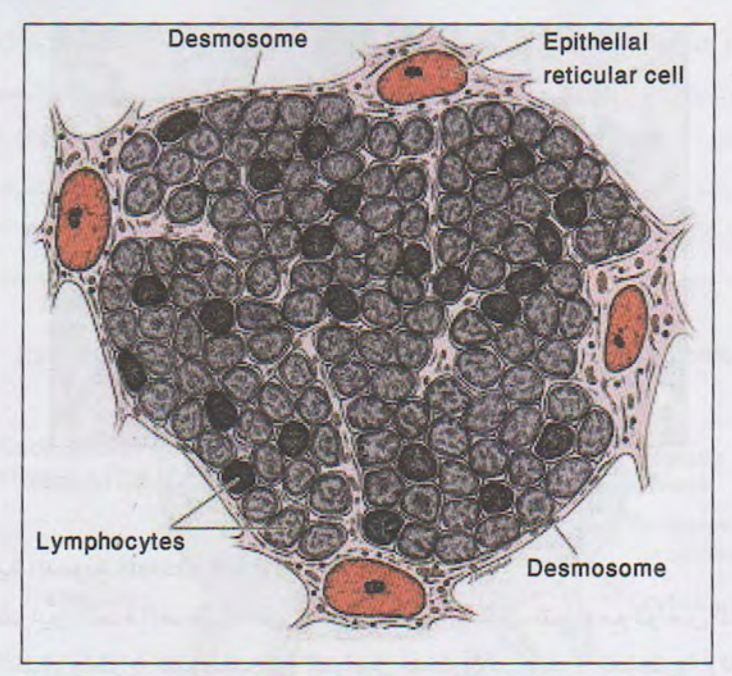
(**شكل 3**) صورة مجهرية ضوئية لمقطع من الغدة الصعترية. لاحظ الفصيصات ولبها الفاتح الذي يحتوي كريات هاسل (أسهم)

ب. القشرة Cortex

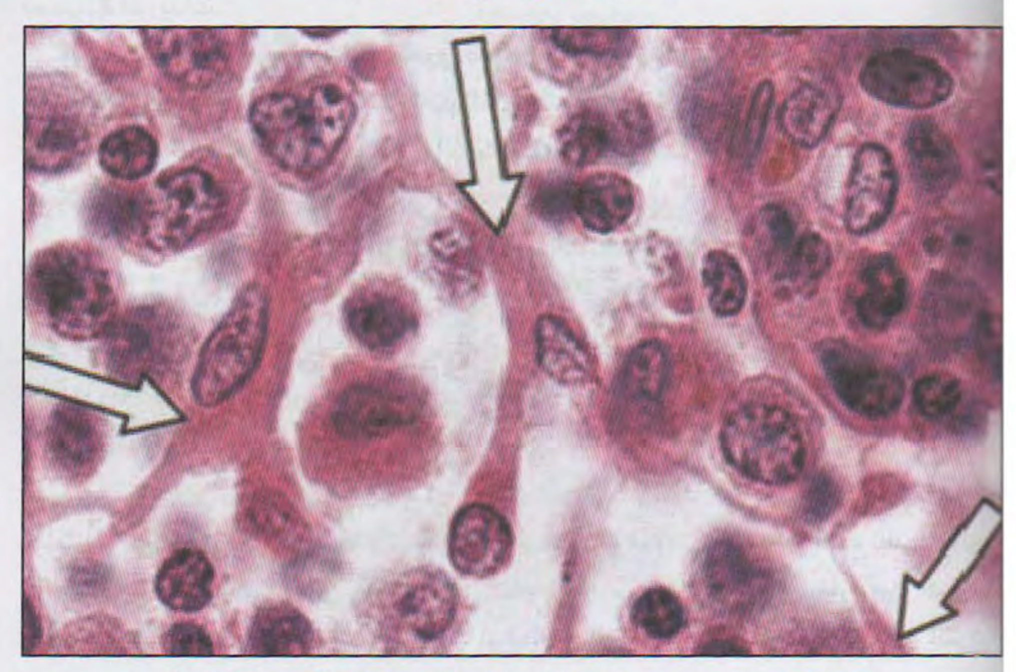
تتشكل القشرة من ثلاثة أنواع من الخلايا، هي: **الخلايا اللمفاوية التائية** (T) وهي الأكثر عددا، و**الخلايا الطلائية الشبكية epithelial reticular cells** بأعداد أقل، وبعض **الخلايا الأكولة الكبيرة macrophages**. وتتصف الخلايا الشبكية بشكل نجمي، وهذا ما يساعد في تكوين شبكة داخل جسم الغدة الصعترية. وتتصل أذرع الخلايا المتجاورة بأجسام رابطة (شكل 5.4)، ويؤدي هذا النظام النسيجي إلى تعزيز كفاءة عملية ترشيح السائل اللمفاوي من الشوائب.

ج. اللب Medulla

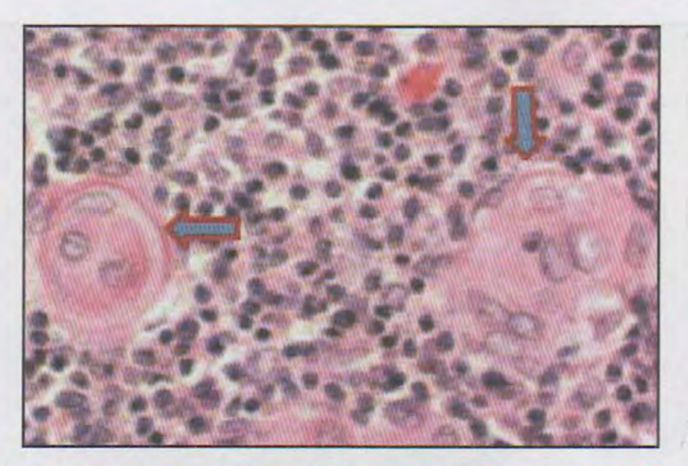
يحتوي اللب عدداً كبيرا من الخلايا الطلائية الشبكية إضافة إلى نسبة ضئيلة من خلايا لمفاوية أصغر من تلك الموجودة في القشرة. وبسبب هذا التركيب الخلوي يصطبغ لب فصيصات الغدة الصعترية بلون فاتح. ويمتاز اللب بوجود تراكيب خاصة تدعى **كريات هاسل Hassal's corpuscles** (شكل 6.2) التي تتألف من خلايا طلائية شبكية متراكزة لا تلبث أن تتلاشى عند البلوغ. ولهذه الكريات مراكز شفافة تصطبغ بصبغة **إيوسين eosin** وتحتوي خييطات كراتين وتكون متكلسة أحيانا.



(**شكل** 4) رسم يبين العلاقة بين الخلايا الطلائية الشبكية والخلايا اللمفاوية. لاحظ الأجسام الرابطة بين أذرع الخلايا المذكورة



(**شكل** 5) صورة مجهرية ضوئية لخلايا طلائية شبكية. لاحظ تواصل أذرع هذه الخلايا (أسهم)



(**شكل 6**) صورة مجهرية ضوئية لجزء من لب غدة صعترية يحتوي كرتي هاسل (سهم) وتظهر طبقات خلوية متراكزة في كل منهما.

د. الأوعية الدموية Blood Vessels

تدخل الشرايين الغدة الصعترية عبر الكبسولة، ومن هنالك تتفرع مع فواصل الكبسولة حتى تصل عمق الغدة. وتخرج الشرينات من الفواصل لتخترق لب الغدة الصعترية وتصل المناطق الواقعة بين القشرة واللب، وتخرج شعيرات من الشرينات إلى القشرة ثم ترتد باتجاه اللب حيث تصب في الوريدات.

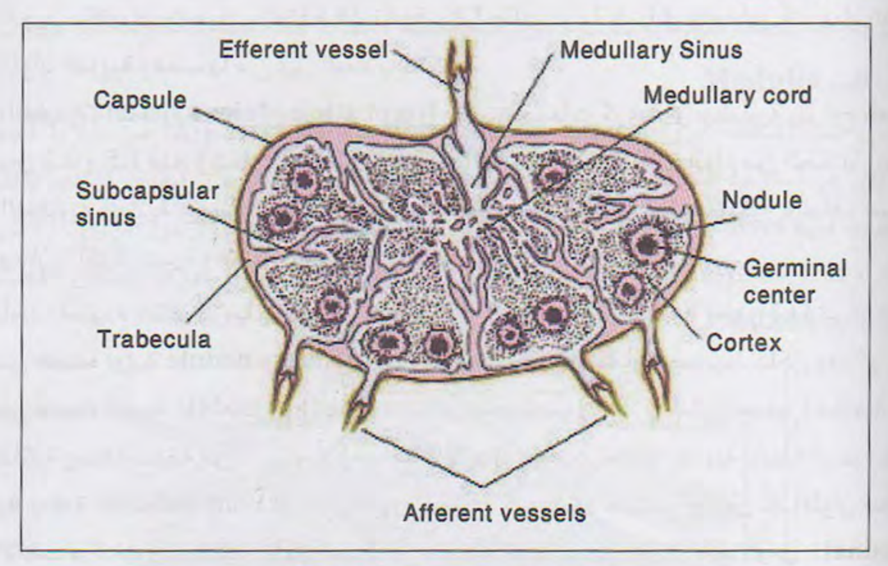
ويوجد في قشرة الغدة **حاجز صعتري دموي blood- thymus barrier** يتكون من **خلايا محيطية pericytes**، وصفيحة قاعدية غليظة مشتركة بين الخلايا الطلائية الشبكية وشعيرات الغدة. ويعمل هذا الحاجز على منع وصول مولدات الضد إلى قشرة الغدة الصعترية حيث تتكون الخلايا اللمفاوية التائية.

وبالنسبة لأوردة الغدة الصعترية، فإنها تخترق النسيج الضام في فواصلها وتغادر عبر الكبسولة إلى الخارج. ولا يوجد للغدة الصعترية أية أوعية لمفاوية واردة، ولذلك، فإن هذه الغدة لا ترشح السائل اللمفاوي كما تفعل العقد اللمفاوية، وتكون الأوعية اللمفاوية القليلة التي تلاحظ فيها من النوع الصادر، وهي توجد في جدر الأوعية الدموية وفي الكبسولة وحواجزها.

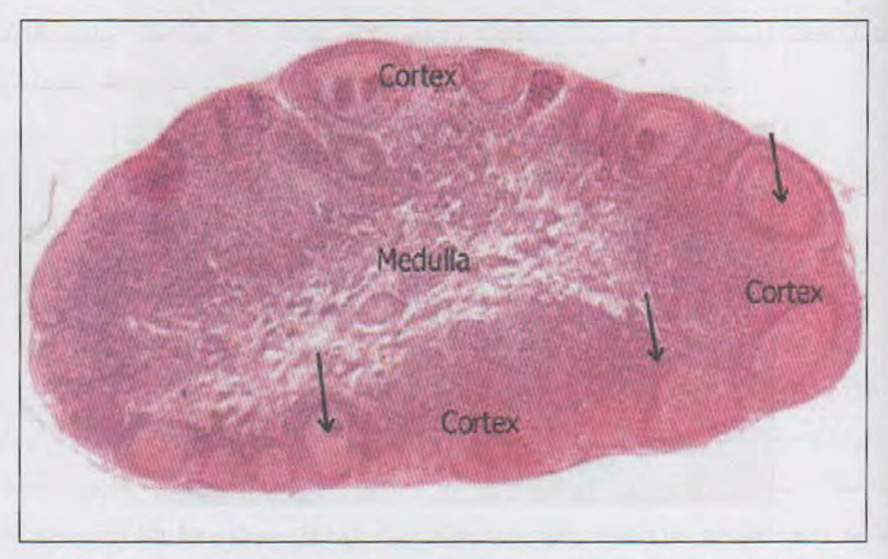
2.5 العقد اللمفاوية Lymph Nodes

هذه أنسجة لمفاوية مكتنزة، لها شكل كلوي و تحاط بكبسولة من نسيج ضام، وتنتشر في مناطق مختلفة من الجسم على طول مسار الأوعية اللمفاوية. ومن أبرز هذه العقد تلك الموجودة في منطقة العنق، وفي **الإبط axilla** و**أصل الفخذ groin** وفي الصدر والبطن وفي **المساريقا mesenteries**. وتشكل هذه العقد مرشحات تساهم في الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة والحد من انتشار الخلايا السرطانية.

لكل عقدة لمفاوية جانب محدب وآخر مقعر يدعى **نقير hilum**، تدخل من خلاله الشرايين والأعصاب وتخرج عبره الأوردة والأوعية اللمفاوية (شكل 7). وتحاط العقد اللمفاوية بنسيج ضام كثيف غير منتظم يشكل **كبسولة capsule** تنطلق منها **حواجز trabeculae** إلى الداخل، وتحتوي كل عقدة لمفاوية منطقة محيطية تدعى **القشرة cortex**، ومنطقة وسطية تدعى **اللب medulla** (شكل 7).



(**شكل 7**) رسم يبين مكونات عقدة لمفاوية



(**شكل 8**) صورة مجهرية ضوئية تبين تركيب عقدة لمفاوية. لاحظ العقيدات اللمفاوية المشار إليها بأسهم

1.2.5 القشرة Cortex

تتشكل قشرة العقد اللمفاوية من المكونات التالية:

أ. **الجيب تحت الكبسولة subcapsular sinus**، وهو حيز يقع تحت الكبسولة مباشرة، وتوج فيه شبكة من الخلايا الأكولة والألياف والخلايا الشبكية. ويتصل هذا الجيب مع **جيوب الل medullary sinuses** من خلال جيوب وسيطة تقع بجوار الكبسولة (شكل 10.7). ويعمل هذ الجيب، كغيره من جيوب العقدة اللمفاوية، في إبطاء سرعة السائل اللمفاوي لتسهيل التقا المواد الغريبة وهضمها من قبل الخلايا الأكولة.

ب. **العُقيدات اللمفاوية lymphatic nodules**، وهي تجمعات كروية أو بيضاوية يتراوح قطره بين 0.2 و 1.5 ملم (شكل 7 – 10). وتحتوي العقيدة الواحدة عدة أنواع من الخلايا أبرزه اللمفاوية البائية وبعض الخلايا اللمفاوية التائية إضافة إلى خلايا شبكية وألياف ضام وخلايا أكولة كبيرة وخلايا مقدمة لمولدات الضد.

تأخذ العُقيدة شكلاً كرويا يتكون من خلايا لمفاوية صغيرة متراصة ولا يظهر فيها مركز فات وتسمى **عُقيدة أولية primary nodule**. وقد تظهر العقيدة اللمفاوية بمحيط داكن ومركز فا وتسمى **عُقيدة ثانوية secondary nodule**، يتكون محيطها من خلايا لمفاوية صغيرة مكتظة ذا نوى داكنة وحافة ضيقة من السيتوبلازم. أما مركزها، فيحتوي خلايا لمفاوية نشطة تدعى خلا **لمفاوية يافعة lymphoblasts** لها نوى كبيرة تحتوي كروماتين منتشر. وتكون في أطوار مختلف من الانقسام الخلوي، ولذلك يظهر وسط كل عُقيدة، الذي يسمى **المركز الجرثومي erminal center** فاتحاً. وعند تعرض العقيدة اللمفاوية لمولدات ضد، تكون الاستجابة بانقسام الخلا اللمفاوية وتمايز معظمها إلى **خلايا بلازما plasma cells**، بينما تبقى بعضها كخلايا لمفاو صغيرة تدعى **خلايا الذاكرة memory cells**، التي تظل في محيط العقيدات.

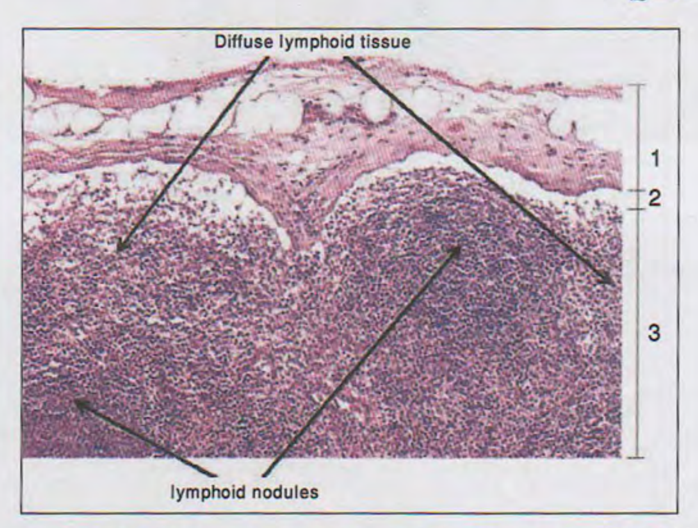


(**شكل 9**) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات القشرة واللب في عقدة لمفاوية. لاحظ الكبسولة (سهم)، والعقيدات اللمفاوية (رأس سهم) والحبال اللبية (سهم ثنائي)

ج. **المنطقة المحاذية للقشرة paracortical area**، وتسمى أيضاً المنطقة القشرية العميقة **deep cortical area**، وهي المنطقة التي تقع حول لب العقيدة اللمفاوية (شكل 7)، وتكون خلاياها اللمفاوية من النوع التائي، كما تحتوي **خلايا مقدمة لمولدات الضد (الخلايا المتغصنة) antigen presenting (derdritic) cells**، وهذه خلايا غير أكولة ولها عدة امتدادات سيتوبلازمية على هيئة صفائح مهمتها تقديم مولدات الضد إلى الخلايا التائية أو البائية لمعالجتها مناعياً. وتوجد في المنطقة المحاذية للقشرة **وريدات مرتفعة البطانة high endothelial venules**.

2.2.5 اللب Medulla

تتكون هذه المنطقة من **حبال لبية medullary cords** تتألف بدورها من خلايا لمفاوية تكتظ على هيئة حزم، إضافة إلى عدة خلايا بلازما، وخلايا أكولة وخلايا ليفية. كذلك، يحتوي اللب **جيوبا لبية medullary sinuses** (شكل 7) تستلم السائل اللمفاوي من الجيوب القشرية وتوزعه. وتتصل الجيوب اللبية بالأوعية اللمفاوية الصادرة التي يخرج عبرها السائل اللمفاوي خارج العقدة اللمفاوية.

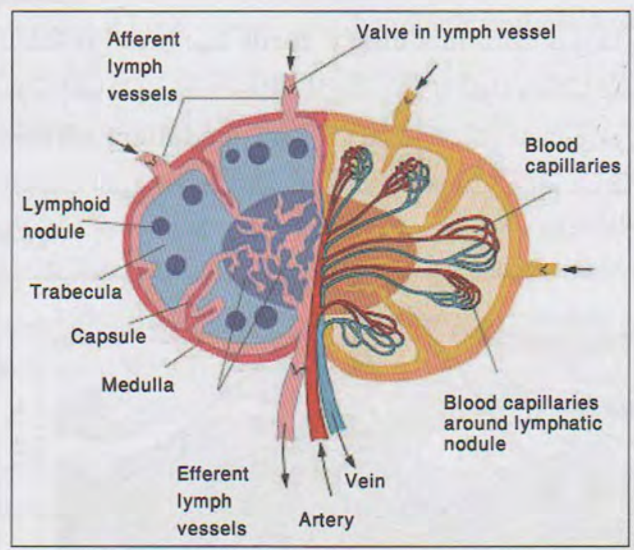


(**شكل 10**) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات القشرة في عقدة لمفاوية. لاحظ الكبسولة (1) والجيب تحت الكبسولة (2) وسطح القشرة (3) بما فيه من عقيدات لمفاوية.

2.2.5 دورة اللمف والدم

تدخل **الأوعية اللمفاوية الواردة afferent lymphatic vessels** كبسولة العقدة اللمفاوية وتصب السائل اللمفاوي في الجيب تحت الكبسولة. ومن هناك، ينتقل اللمف عبر الجيوب الوسيطة التي تنتشر بمحاذاة حواجز العقدة اللمفاوية ليتوزع في الداخل حيث يصل إلى الجيوب اللبية

(شكل 11). ونتيجة التركيب المتشعب للجيوب المذكورة، يتباطأ تدفق اللمف في العقدة اللمفاوية وفي ذلك تسهيل لالتقاط وتفكيك المواد الغريبة من قبل الخلايا الأكولة. ويتجمع اللمف، المنتقل من قشرة العقدة إلى لبها، في **الأوعية اللمفاوية الصادرة efferent lymph vessels** التي تقع عند نقير العقدة (شكل 11). وتساعد الصمامات في الأوعية الواردة والصادرة على تحريك اللمف باتجاه واحد. أما تزود العقد اللمفاوية بالأوعية الدموية فيقتصر على شرايين صغيرة تدخل عند النقير وتشكل شعيرات في العقيدات اللمفاوية، تصب في أوردة صغيرة تخرج من النقير (شكل 11).



(**شكل 11**) رسم يبين الدورة اللمفاوية في عقدة لمفاوية.

3.5 الطحال Spleen

1.3.5 وظائف الطحال

يشكل الطحال أكبر عضو لمفاوي في جسم الإنسان، إذ يبلغ طوله حوالي 15 سم وعرضه 10 سم، ويقوم بالوظائف التالية:

أ. الدفاع عن الجسم وذلك من خلال الأعداد الكبيرة من الخلايا الأكولة إضافة إلى الحشد الهائل من الخلايا اللمفاوية التي تكوّن الأجسام المضادة.

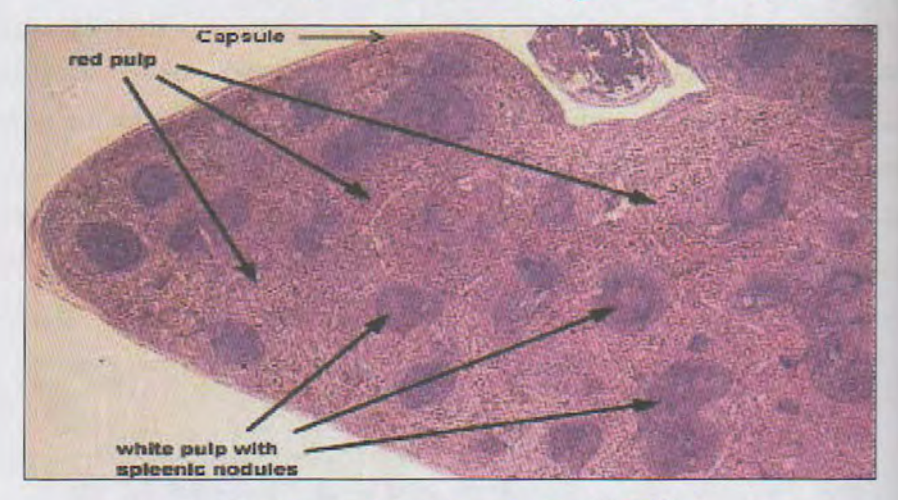
ب. تكوين الخلايا اللمفاوية النشطة التي تنتقل إلى الدم فيما بعد.

ج. تخزين وتفكيك خلايا الدم الحمراء المنهكة وإعادة استعمال الحديد الموجود في هيموغلوبين تلك الخلايا.

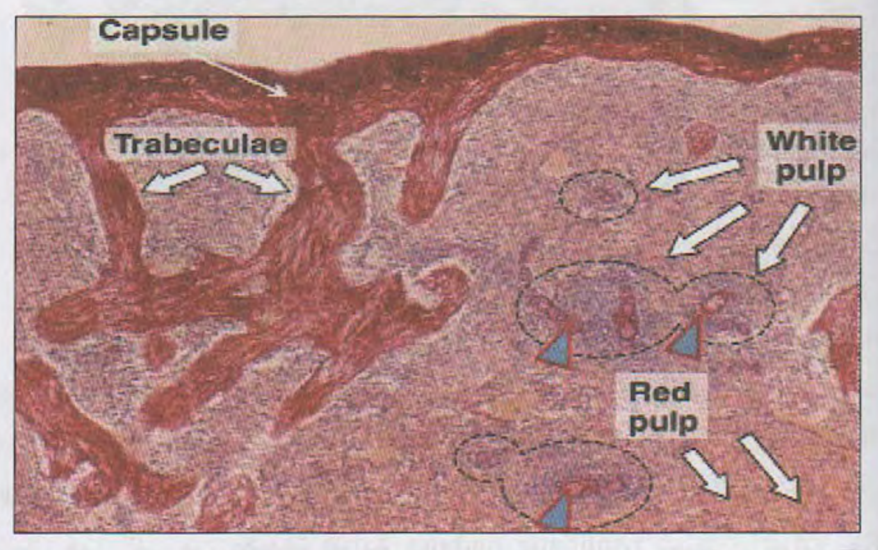
د. الترشيح المناعي للدم عبر شبكة واسعة من الألياف والخلايا اللمفاوية.

2.3 تركيب الطحال

يحاط الطحال بـ **كبسولة capsule** من نسيج ضام كثيف غير منتظم، تمتد منه **حواجز trabecul** تقسم **لب الطحال splenic pulp** إلى حجرات غير متكاملة (شكل 12). وللطحال طقة مقعرة تسمى **النقير hilum**، حيث يتفرع من الكبسولة عدة **حواجز trabeculae** تحمل يها أعصابا وشرايين. كذلك يخرج من منطقة النقير عدة أوردة.



(**شكل** 12) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في الطحال



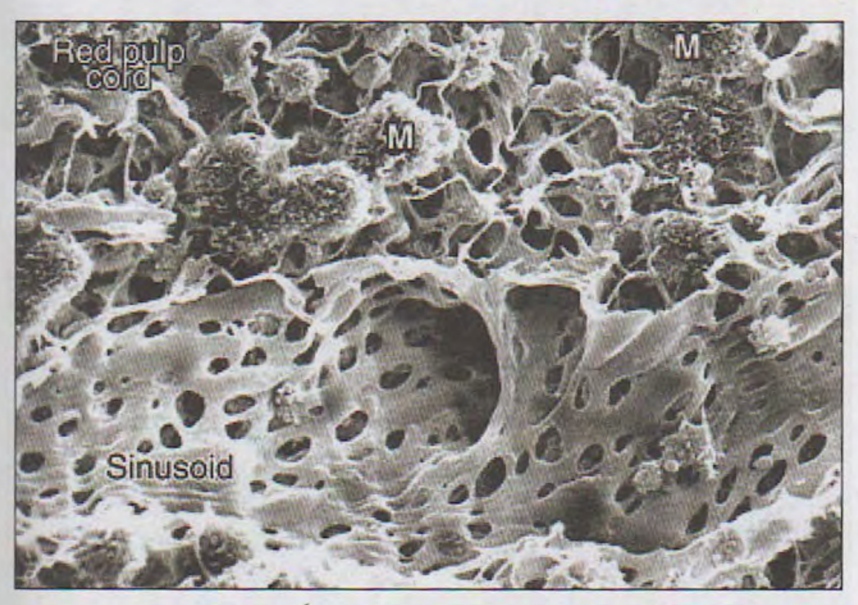
(**شكل** 13) صورة مجهرية ضوئية لجزء من الطحال يبين الكبسولة والحواجز التي تمتد منها باتجاه الداخل. لاحظ الشرايين المركزية في العقيدات (رؤوس أسهم)

أ. الكبسولة Capsule

تتكون الكبسولة من نسيج ضام كثيف غير منتظم، فيه القليل من الألياف المرنة والعضلات الملساء. وتمتد من الكبسولة عدة **حواجز trabeculae** (شكل 13) تفصل جسم الطحال إلى تجمعات مبعثرة من العقيدات اللمفاوية، وتحمل هذه الحواجز أعصابا وشرايين، إضافة إلى أوردة تعيد الدم إلى الطحال.

ب. اللب Medulla

عند مشاهدة مقطع من الطحال، نلاحظ بالعين المجردة بقعاً بيضاء تدعى **العقيدات اللمفاوية lymphatic nodules** التي تشكل ما يسمى **اللب الأبيض white pulp**. كذلك نلاحظ منطقة حمراء داكنة غنية بالدم تسمى **اللب الأحمر red pulp** الذي يتكون من **حبال طحالية splenic cords** تتوزع بين عدة **شعيرات جيبية sinusodis** (شكل 14). ويدعم لب الطحال بأعداد كبيرة من الألياف الشبكية، تحتوي بينها خلايا شبكية وخلايا أكولة كبيرة. ونعالج فيما يلي التركيب النسيجي لكل من اللب الأبيض واللب الأحمر.

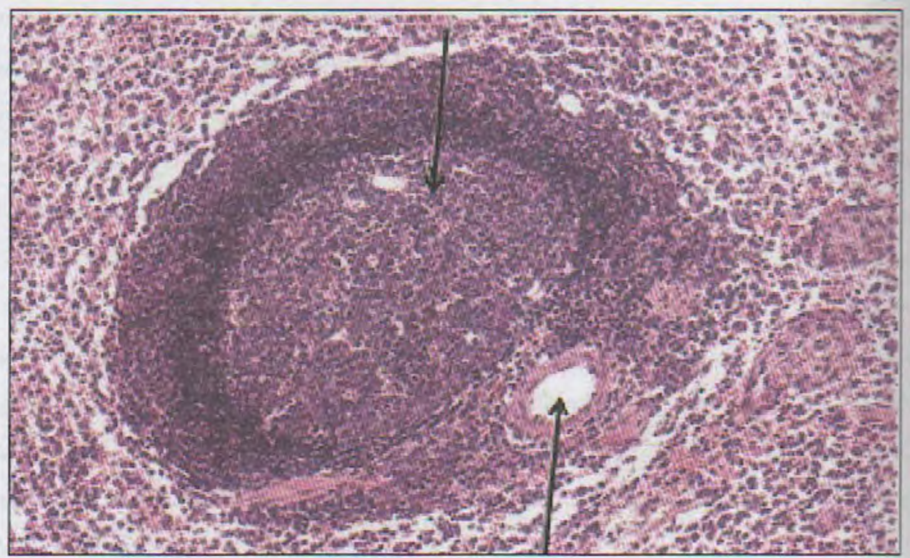


(**شكل 14**) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين جزءاً من اللب الأحمر في الطحال. لاحظ الشعيرات الجيبية، والخلايا الأكولة الكبيرة (M)

- **اللب الأبيض White Pulp**

يتشكّل هذا اللب من **عقيدات لمفاوية lymphatic nodules** تحيط بـ **شرايين مركزية central arteries**، وتتكون بشكل أساسي من خلايا لمفاوية بائية (شكل 15). وتنتظم

الخلايا اللمفاوية التائية حول العقيدات المذكورة على هيئة أغمدة لمفاوية محيطة بالشرايين periarterial lymphatic sheaths (PALS) (شكل 16). إضافة إلى الخلايا اللمفاوية، يحتوي اللب الأبيض خلايا شبكية وأليافاً شبكية تعطي دعامة لهذا النسيج. ويوجد في حيزات هذا النظام الشبكي خلايا أكولة كبيرة. (pals)



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية تبين مقطعاً في إحدى عقيدات اللب. لاحظ المركز الجرثومي (سهم علوي)، والشريان المركزي (سهم سفلي).

ينفصل اللب الأبيض عن اللب الأحمر بـ **منطقة هامشية marginal zone** (شكل 16)، تتشكل من عدة جيوب تحتوي مولدات ضد وعدة خلايا أكولة كبيرة، وخلايا لمفاوية بائية وتائية خرجت من الدم إلى تلك الجيوب، إضافة إلى **خلايا متغصّنة dendritic cells** تصطاد مولدات الضد وتقدمها للخلايا اللمفاوية. وعليه، فإن للمنطقة الهامشية دوراً في ترشيح الدم وشن هجوم مناعي ضد الأجسام الغريبة، حيث تقوم الخلايا الأكولة الكبيرة بتفكيك وإزالة تلك الأجسام.

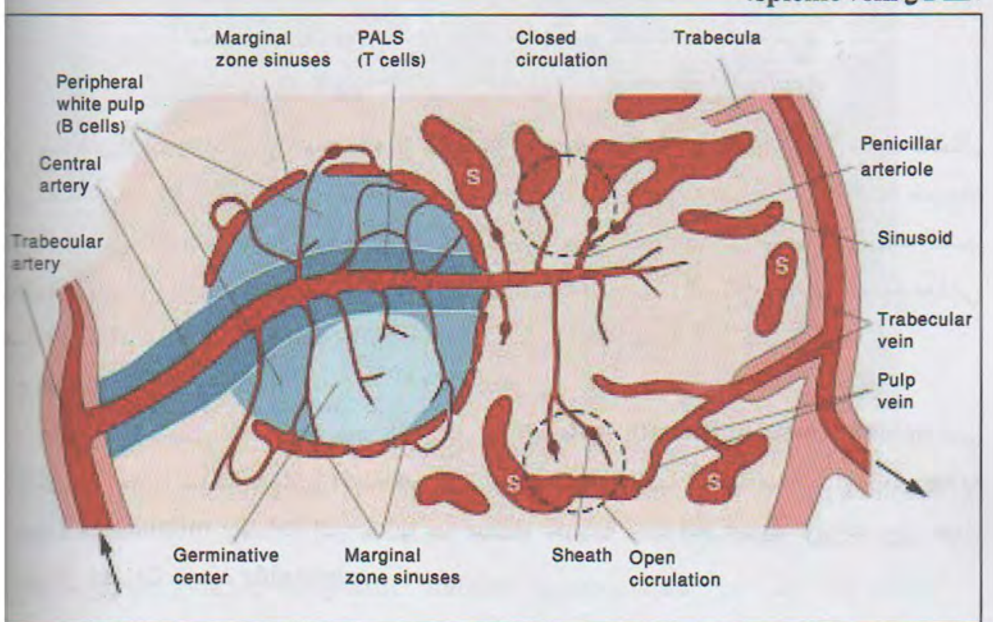
- **اللب الأحمر Red Pulp**

هذا نسيج شبكي يتصف بوجود **حبال بِلْروث الطحالية splenic cords of Billroth** التي تتشكل من خلايا شبكية وخلايا أكولة كبيرة ثابتة ومتجولة وخلايا لمفاوية وخلايا بلازما **وخلايا وحيدة monocytes**، إضافة إلى خلايا دم بيضاء حبيبية وصفائح دموية. ويوجد بين حبال الطحال **شعيرات جيبية sinusoids**.

3.3.5 الدورة الدموية

يتفرع **شريان الطحال splenic artery** عند دخوله النقير إلى **عدة شرايين حواجز trabecular arteries**. وبعد خروج هذه الشرايين من الحواجز ودخولها لب الطحال تحاط بأغمدة من خلايا لمفاوية لتشكل **الغمد اللمفاوي المحيط بالشرايين periarterial lymphatic sheath (PALS)**، كما أشرنا إلى ذلك سابقا (شكل 16). وتسمى الشرايين الصادرة من الحواجز **الشرايين المركزية central arteries** أو **شرايين اللب الأبيض white pulp arteries** (شكل 16).

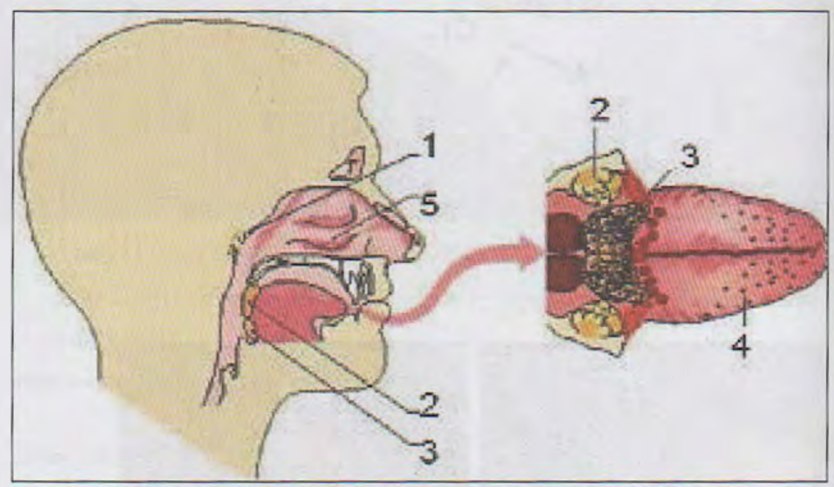
ينقسم الشريان المركزي بعد خروجه من العقدة اللمفاوية ليكون **شريَنات مخصّلة penicillar arterioles** يتغمد بعضها بخلايا شبكية ولمفاوية أكولة كبيرة. وبعد منطقة الغمد تستمر الأوعية المذكورة كشعيرات شريانية تحمل الدم إلى جيوب اللب الأحمر (شكل 16). ويعتقد بعض العلماء أن دوران الدم في الطحال يتم في **دورة مغلقة closed circulation** (شكل 16)، بينما يعتقد البعض الآخر بأن الدم يمر في الحيزات بين حبال اللب الأحمر ليتجمع بعد ذلك في الشعيرات الجيبية، وهذا يعني أن دم الطحال يدور عبر **دورة مفتوحة open circulation** (شكل 16). وينتقل الدم من جيوب الطحال إلى أوردة اللب الأحمر التي تتجمع وتصب في الحواجز لتكون **أوردة حواجز trabecular veins** (شكل 16)، تصب عند منطقة النقير في وعاء كبير يدعى **وريد الطحال splenic vein**.



(**شكل 16**) رسم يبين دورة الدم في الطحال. PLAS= الغمد اللمفاوي المحيط بالشريان المركزي؛ PWP= اللب الأبيض المحيطي؛ S جيوب.

4.5 اللوزات Tonsils

هذه أعضاء مكونة من تجمعات من الأنسجة اللمفاوية المحاطة جزئياً بكبسولات، وتقع تحت النسيج الطلائي للجزء الأمامي من الأنبوب الهضمي. واعتماداً على موقعها تكون اللوزات إما حنكية **palatine** أو بلعومية **pharyngeal** أو لسانية **lingual** (شكل 17). ويتم في هذه اللوزات تكوين الخلايا اللمفاوية التي ينفذ معظمها إلى النسيج الطلائي والمغطي للوزات الذي يتسم بانغمادات تدعى سراديب **crypts** (شكل 18)، التي قد تظهر كبقع متقيحة عند التهاب اللوزات (شكل 19). ولبعض اللوزات كبسولات من نسيج ضام يحد من انتشار العدوى إذا ما أصيبت بالالتهاب. ويبين الجدول أدناه أنواع وخصائص اللوزات



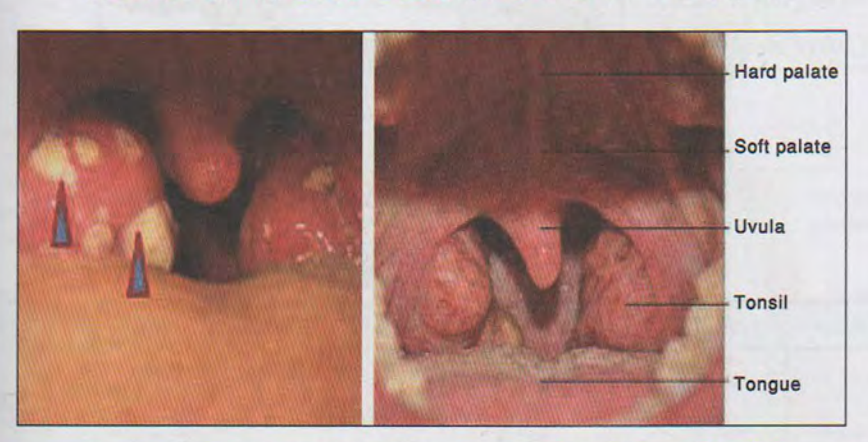
(**شكل** 17) رسم يبين مواقع اللوز، وتظهر اللوزة البلعومية (1) والحنكية (2) واللسانية (3) واللسان (4) إضافة إلى تجويف الأنف (5)

مقارنة بين أنواع اللوزات

النوع	الموقع	العدد	الكبسولة	النسيج الطلائي	النسيج اللمفاوي	السراديب
حنكي	في جانبي الجزء الفمي من البلعوم	2	كثيفة	حرشفي طبقي غير متقرن	يكون عقيدات لمفاوية ذات مراكز جرثومية	10-20 لكل لوزة
بلعومي	في الجزء العلوي الخلفي من البلعوم	1	نحيفة	طبقي كاذب ومهدب	منتشر ويشكل بعض العقيدات اللمفاوية	لا توجد
لساني	عند قاعدة اللسان	كبير	لا توجد	حرشفي طبقي غير متقرن	يكون عقيدات لمفاوية	1 لكل لوزة



(**شكل** 18) صورة مجهرية ضوئية للوزة حنكية. لاحظ النسيج الطلائي الطبقي غير المتقرن (سهم) والعقيدات اللمفاوية (رأس سهم) ومراكزها الجرثومية (★) والسرداب (Cr)



(**شكل** 19) صورة للوزة حنكية طبيعية (يمين) وأخرى للوزة حنكية متقيحة (أسهم، يسار)

الفصل العاشر

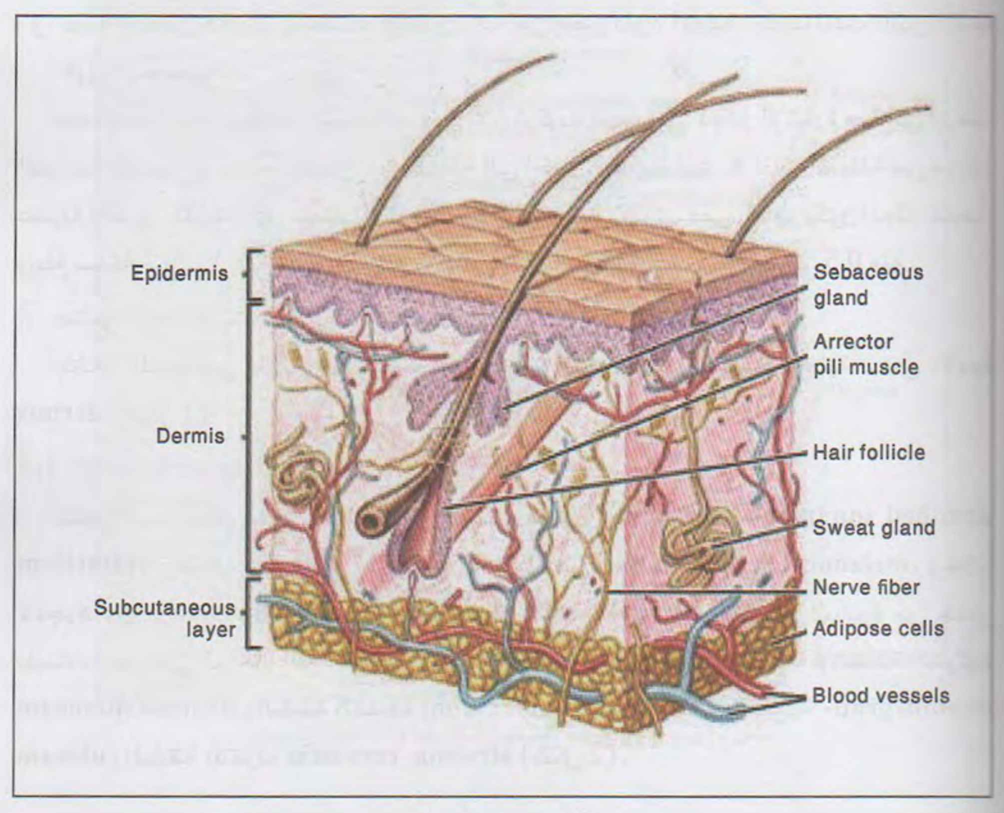
الجهاز الجلدي

10 Epithelial Tissues

يعتبر الجلد أكبر عضو في جسم الإنسان ويشكل حوالي 15% من وزنه. ويغطي الجلد مساحة تتراوح بين 1.2و 2.3 متر مربع. ويتصل هذا العضو بالأغشية المخاطية التي تبطن فتحات الفم والأنف والعينين والأذنين، وكذلك الفتحات التناسلية والبولية والهضمية.

يتكون الجلد من طبقة خارجية تدعى **البشرة epidermis**، التي تشتق من الأدمة الخارجية للجنين، ومن طبقة وسطى تسمى **الأدمة dermis**، التي تنشأ من الأدمة الوسطى. وتقع الأدمة فوق منطقة من نسيج ضام رخو تدعى **تحت الأدمة hypodermis** أو **تحت الجلد subcutaneous** (الشكل 1)، ولا تعتبر هذه المنطقة جزءاً من الجلد، لكنها هامة في ربطه مع محيطه من الأنسجة.

تشتق من الجلد عدة أعضاء، منها الشعر والغدد الثديية، والغدد الدهنية، والغدد العرقية، والأظافر. ويشكل الجلد مع هذه المشتقات الجهاز الجلدي. وفي هذا الفصل، سنعالج التركيب النسيجي للجلد ومشتقاته، بعد أن نبدأ بالإشارة إلى وظائفه.



(**شكل 1**) رسم يبين مكونات الجلد

1. وظائف الجلد

يقوم الجلد بعدة وظائف، أبرزها:

أ. يشكل خط الدفاع الأول عن الجسم نظراً لأنه يتصل مباشرة بالبيئة الخارجية.

ب. تشكل طبقته الخارجية وسطاً غير نفاذ إلى حد كبير، وبالتالي فإنها تمنع فقدان الماء بالتبخر، وتساعد في تمكين الكائن الحي من العيش على اليابسة.

ج. يحتوي عدة تراكيب تتعامل مع المؤثرات الخارجية، مثل الحرارة والضغط واللمس والألم، وهذا ما سنتعرض له في فصل لاحق.

د. تحتوي خلايا المنطقة السفلى من بشرة الجلد مادة **ميلانين melanin**، التي توفر حماية من أشعة الشمس فوق البنفسجية.

هـ. تساهم غدده العرقية والأوعية الدموية والنسيج الدهني بالمحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم والتخلص من الفضلات الضارة.

و. تساهم بعض خلاياه في تصنيع فيتامين "د" من بعض المواد الأولية، وذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

بعد استعراضنا لوظائف الجلد سندرس الآن تركيبه النسيجي. تجدر الإشارة هنا إلى أن هذا التركيب يختلف في جسم الإنسان من منطقة إلى أخرى، كما يتفاوت في نفس المنطقة من مرحلة عمرية لأخرى. كذلك، فإن سُمك الجلد يختلف من منطقة لأخرى. ففي الظهر يكون الجلد غليظاً ويبلغ سمكه حوالي 4 ملم، وفي جفن العين يكون الجلد رقيقاً ويبلغ سمكه حوالي 0.5 ملم.

2. مكونات الجلد

يتشكل الجلد من طبقة خارجية تسمى **البشرة epidermis** وأخرى داخلية تدعى **الأدمة dermis** (شكل 1).

1.2 البشرة Epidermis

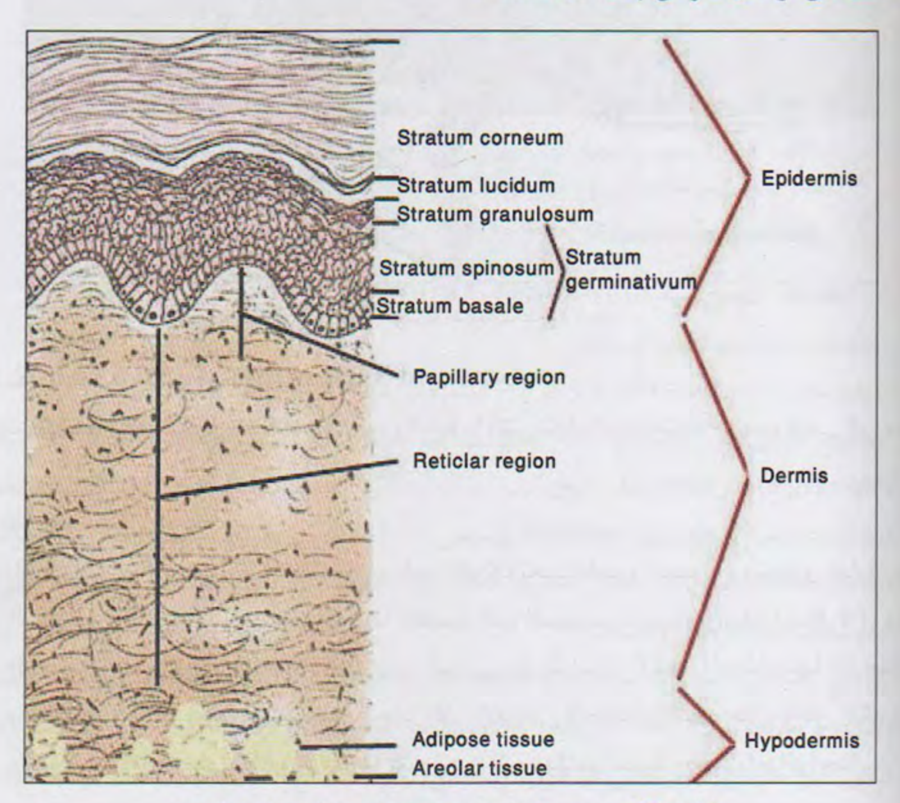
تتكون البشرة من **نسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن stratified squamous keratinized epithelium**، إضافة إلى ثلاثة أنواع من الخلايا، هي: **خلايا ميلانين melanocytes**، و**خلايا لانجرهانس Langerhans cells**، و**خلايا مركل Merkel's cells**. وتتشكل البشرة من خمس طبقات، هي من الداخل إلى الخارج: **الطبقة القاعدية stratum basale** و**الطبقة الشوكية stratum spinosum** و**الطبقة الشفافة stratum lucidum** و**الطبقة الحبيبية stratum granulosum** و**الطبقة المتقرنة stratum corneum** (شكل 2).

1.1.2 الطبقة القاعدية Stratum Basale

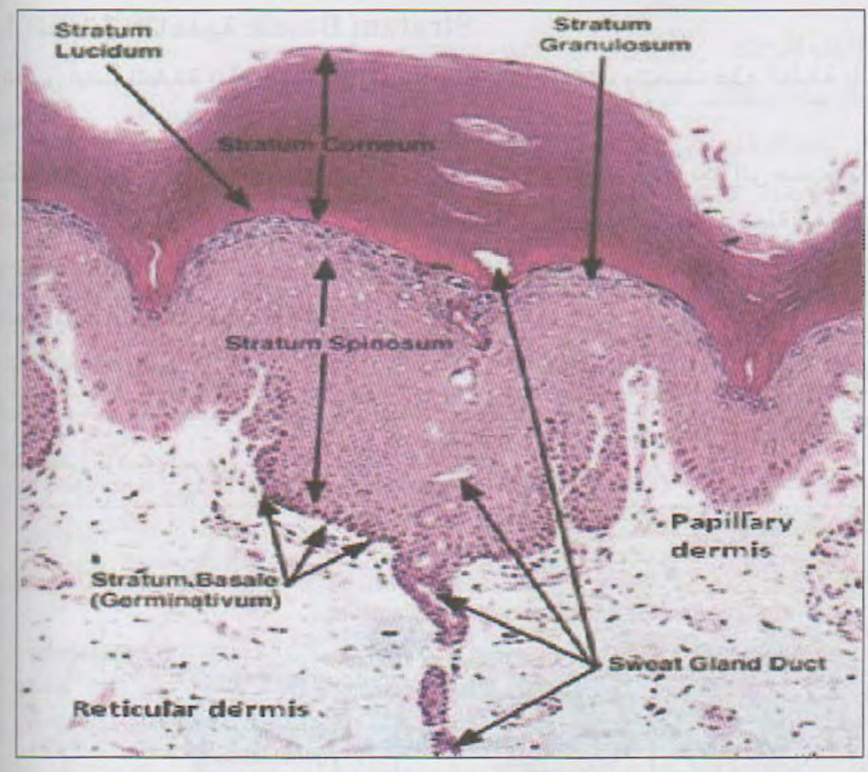
وتسمى أيضاً **الطبقة الجرثومية stratum germinativum**، وتتصف هذه الطبقة بالسمات التالية:

أ. تتكون من صف واحد من الخلايا الطلائية المكعبة أو العمادية التي ترتكز إلى صفيحة قاعدية تفصل البشرة عن الأدمة (شكل 3). وتتصل هذه الخلايا مع بعضها بواسطة **أجسام رابطة desmosomes**، كما تساهم أنصاف **الأجسام الرابطة hemidesmosomes** بربط الخلايا الطلائية مع الصفيحة القاعدية.

ب. تمر بمراحل انقسام خلوي نشط، ويساعد ذلك في تعويض ما يفقد من خلايا على سطح الجلد. وتتجدد الطبقة السطحية في بشرة الإنسان كل 15-30 يوماً، اعتمادا على سن الشخص، ومدى تعرض جلده للاحتكاك.



(**شكل 2**) رسم يبين مكونات الطبقتين الخارجية والداخلية من الجلد



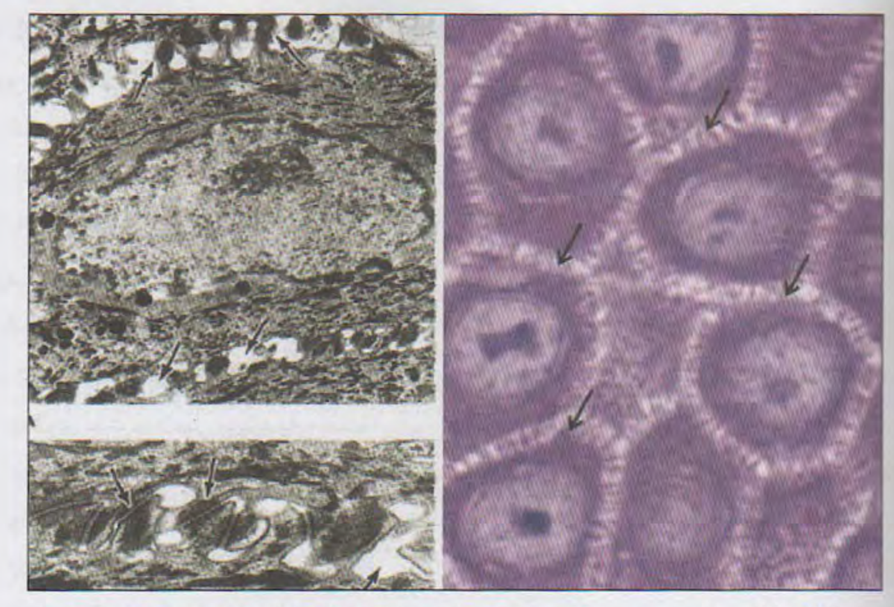
(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في الجلد

2.1.2 الطبقة الشوكية Stratum Spinosum

تتشكل هذه الطبقة من عدة صفوف من الخلايا التي تتفاوت في شكلها من حرشفي إلى مكـ
وأبرز سمات هذه الخلايا هي:

أ. لها نوى مركزية.

ب. لها عدة بروزات سيتوبلازمية تعطي مظهراً شوكياً تحت المجهر الضوئي. وتحتوي نهايات هـ
البروزات حزماً من الخييطات الدقيقة وتتصل تلك النهايات بأجسام رابطة (شكل 4). وتـ
الخييطات المقوية tonofilaments بدرو أساسي في تماسك الخلايا ومقاومتها للاحتكا
ودلالة على ذلك نجد أن مناطق الجلد التي تتعرض لاحتكاك كثير، مثل باطن القدم
طبقات شوكية تحتوي خلاياها حزماً كثيرة من الخييطات المقوية والأجسام الرابطة.



(**شكل 4**) صورة مجهرية ضوئية تبين جزءا من الطبقة الشوكية. لاحظ البروزات السيتوبلازمية بين الخلايا (أسهم، يمين) وصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية من الطبقة الشوكية تبين الأجسام الرابطة والخييطات المقوية (أسهم، يسار فوق وتحت)

3.1 الطبقة الحبيبية Stratum Granulosum

ـذه الطبقة عدة خصائص أبرزها:

. تنتظم خلاياها متعددة الأضلاع في 3-5 صفوف (شكل 3) ولهذه الخلايا نوى مركزية.

ب. يحتوي سيتوبلازم الخلايا عدة حبيبات خشنة قاعدية تدعى **الحبيبات المتقرنة الشفافة keratohyalin granules**، وتبين الدراسات أن هذه الحبيبات غير محاطة بأغشية و تحتوي بروتينات غنية بـ **هستدين histidine** مفسفر، إضافة إلى بروتينات تحتوي كميات وافرة من **سستين cystine**. ويعزى ميل الحبيبات المذكورة للصبغات القاعدية إلى كثرة مجموعات الفوسفات في تلك البروتينات.

ج. تحتوي الخلايا **حبيبات صفائحية lamellar granules**، تأخذ شكلاً بيضاوياً أو عصوياً. ويتراوح طولها بين 0.1-0.3 µm، تحاط هذه الحبيبات بأغشية، وتحتوي أقراصاً دقيقة تتكون من طبقات ثنائية من الدهون. وتندمج الحبيبات مع أغشية خلايا هذه الطبقة وتطلق محتواها في الحيزات بين الخلايا حيث تكوّن صفائح دهنية. ويعتقد أن هذه المادة المطروحة تعمل كحاجز محكم يمنع اختراق مواد غريبة للجلد. كذلك تبين الدراسات المتعلقة بالتطور أن هذه الطبقة تكونت أولاً في الزواحف، كتأقلم مع العيش على اليابسة.

4.1.2 الطبقة الصافية Stratum Lucidum

تظهر هذه الطبقة بوضوح في الجلد الغليظ (شكل 2، 3) وتتصف بالتالي:

أ. تتكون من خلايا رقيقة جداً، تتصل مع بعضها بوساطة أجسام رابطة.

ب. لا تظهر في الخلايا أية نوى أو عضيات أخرى، ويحتوي سيتوبلازمها خييطات **كراتين** متراصة

5.1.2 الطبقة المتقرنة Stratum Corneum

أهم سمات هذه الطبقة هي (شكل 2، 3):

أ. تتألف من 15-20 صفا من الخلايا المتقرنة.

ب. تفقد الخلايا نواها، ويمتلئ سيتوبلازمها بالبروتين الخيطي الصلب **كراتين keratin**، الذي يحتوي ست سلاسل ببتيدية مختلفة.

ج. بعد تقرنها، تتشكل الخلايا من بروتينات خيطية، وتدعى عندئذ الخلايا **المتقرنة horny** وللوصول إلى هذه المرحلة، تفقد الخلايا عضياتها بواسطة إنزيمات الأجسام الحالة.

د. تتهتك خلاياها باستمرار، ويستعاض عن الخلايا المتساقطة بأخرى وليدة تشكلت في الطبقة القاعدية.

ينطبق الوصف السابق للبشرة في الجلد الغليظ. وفي الجلد الرقيق تكون الطبقتان الحبيبية والصافية أقل نمواً من الطبقات الأخرى، وتكون الطبقة المتقرنة نحيفة، ونظراً لتساقطها المستمر فإنها تتجدد كل 15-30 يومياً. وفي المرض الجلدي المسمى **صُداف psoriasis**، يتسارع انقسام الخلايا في الطبقتين القاعدية والشوكية، وتنقص فترة دورة الانقسام، ويتأتى عن ذلك زيادة سمك البشرة، التي تتجدد كل أسبوع بدلاً من كل أسبوعين إلى أربعة أسابيع.

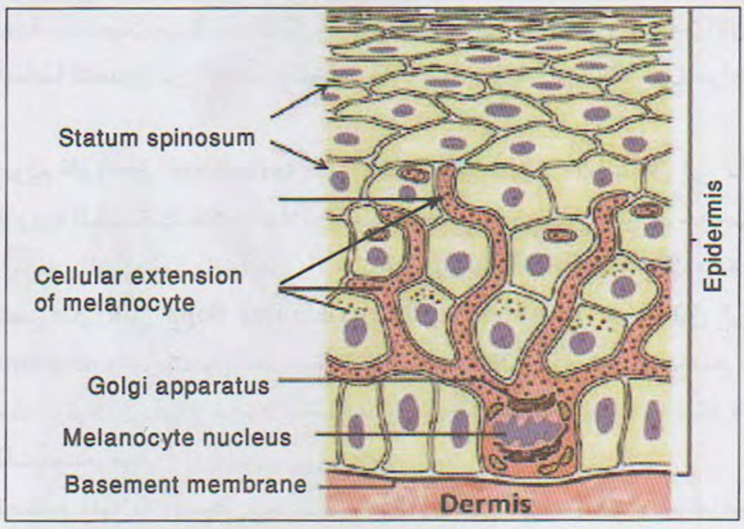
6.1.2 الخلايا الأخرى في البشرة

بعد استعراضنا للطبقات المكونة لبشرة الجلد نعالج الآن أنواع الخلايا الموجودة في البشرة.

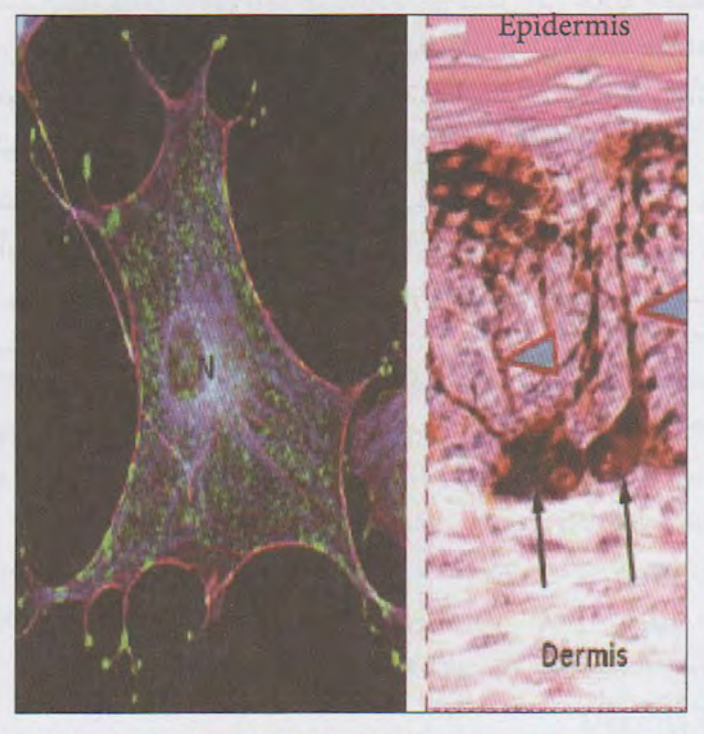
أ. خلايا ميلانين Melanocytes

تنشأ هذه الخلايا من **الأعراف العصبية neural crests** الجنينية، ولهذه الخلايا صفات أبرزها:

1. لها أجسام كروية الشكل تمتد منها بروزات طويلة تتفرع وتمتد داخل الطبقتين القاعدية والشوكية. وتنتهي البروزات المذكورة في انغمادات داخل الطبقتين المشار إليهما (شكل 5، 6).
2. تحتوي عدة ميتوكوندريا، ومركب جولجي نام، وشبكة اندوبلازمية وافرة (شكل 5، 7) وكذلك توجد خييطات متوسطة، و**حبيبات ميلانين melanin**.
3. ترتبط بالصفيحة القاعدية بواسطة أنصاف **أجسام رابطة hemidesmosomes**.



(**شكل** 5) رسم يبين خلية ميلانين. لاحظ جسم الخلية في الطبقة القاعدية وأذرعها المتدة بين خلايا الطبقة الشوكية

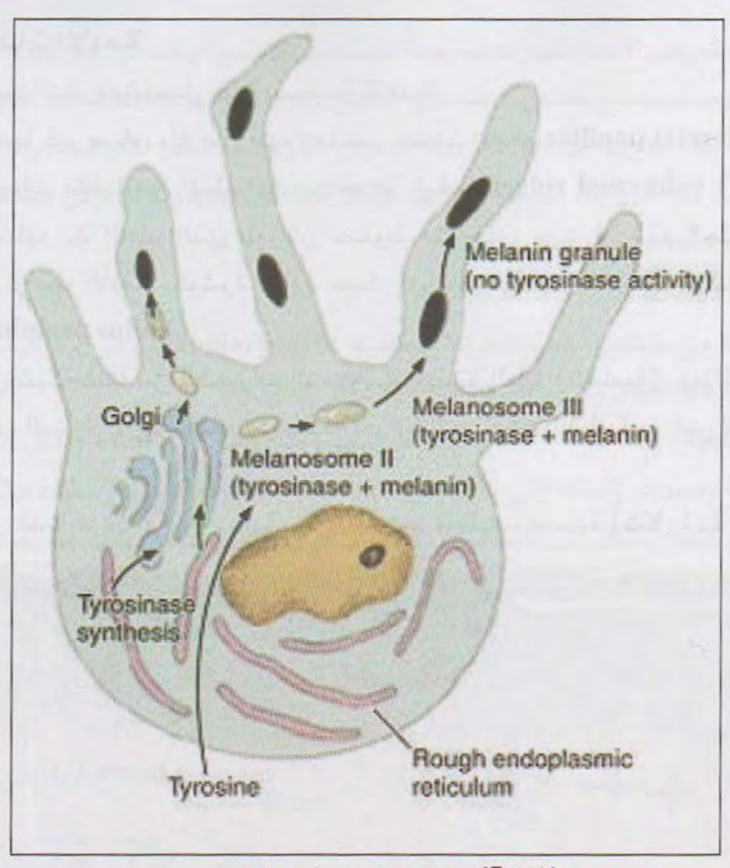


(**شكل** 6) صورة مجهرية ضوئية لخلية ميلانين (يمين). لاحظ جسم الخلية (سهم) في الطبقة القاعدية وأذرعها المتدة بين خلايا الطبقة الشوكية (راس سهم). إلى يسار الشكل تظهر صورة لخلية ميلانين كما تبدو في المجهر الفلوري. لاحظ نواتها (N) وأذرع الخلية وحبيبات ميلانين باللون الأخضر

تكمن أهمية مادة ميلانين في أنها تشكل، مع مادة **كاروتين carotene** وعدد من الأوعية الدموية في الأدمة، أساسا لتحديد لون الجلد. ولأهمية تكوين مادة ميلانين فإننا نبين مراحل تصنيعها (شكل 7):

- يصنع إنزيم **تايروسنيز tyrosinase** على أسطح الريبوسومات ثم ينتقل إلى داخل الشبكة الإندوبلازمية الخشنة في خلايا الميلانين، حيث يتجمع في حوصلات مركب جولجي (شكل 7).
- يحوّل إنزيم تايروسنيز الحمض الأميني **تايروسين tyrosine**، إلى **مادة 4,3 ثنائي هايدروكسي فنل ألانين 3,4 dihdroxy phenylalanine dopa** التي تتحول إلى **دوبا كينون dopaquinone**، والتي تتحول بعد عدة تفاعلات إلى ميلانين محوصل في جسم جولجي.
- تأخذ مادة الميلانين هيئة حبيبة بيضاوية تظهر في داخلها خييطات دقيقة متوازية ذات تخطيطات مستعرضة.
- يزداد تصنيع الميلانين ويملأ الحويصلة كليا وتختفي التخطيطات المستعرضة وتنفصل الحوصلات عن جسم جولجي.
- تتحرك حبيبات الميلانين داخل بروزات الخلايا ثم تنتقل إلى خلايا الطبقتين القاعدية والشوكية، كما تحقن حبيبات ميلانين مباشرة في **الخلايا المتقرنة keratinocytes** ويتجمع ميلانين فوق نواها بحيث يحمي الخلايا المنقسمة في الطبقات الدنيا من التأثيرات الضارة لأشعة الشمس.

تجدر الإشارة إلى أن **مرض المهق albinism** يعود إلى عدم وفرة إنزيم **تايروسنيز tyrosinase** أو عدم قدرة خلايا الميلانين في أخذ الحمض الأميني تايروسين. ونتيجة ذلك، يتضرر الجلد بسبب عدم حمايته من أشعة الشمس، ويؤدي ذلك إلى الإصابة بسرطان الطبقة السفلى من البشرة.



(**شكل 7**) مراحل تصنيع حبيبات ميلانين

ب. خلايا مركل Merkel's Cells

تشكل هذه الخلايا التي توجد في راحة اليد وباطن القدم **مستقبلات ميكانيكية mechanoreceptors**، حيث توجد عند قواعدها نهايات عصبية حرة، ويحتوي سيتوبلازمها حزماً من الخييطات الدقيقة حول محيط النواة و حبيبات صغيرة وكثيفة محاطة بغشاء.

ج. خلايا لانجرهانس Langerhans Cells

هذه خلايا نجمية الشكل توجد بكثافة في الطبقة الشوكية، وتشكل نسبة تتراوح بين 2-8% من خلايا البشرة. ويعتقد أن لهذه الخلايا دور في الدفاع عن الجلد، إذ أنها تعمل كخلايا أكولة كبيرة تستطيع التقاط مولدات الضد وتقديمها للخلايا اللمفاوية التائية (T).

2.2 الأدمة Dermis

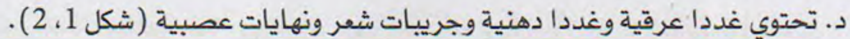
تتألف الأدمة من نسيج ضام يدعم البشرة ويربطها مع النسيج الواقع تحتها. ويتفاوت سمك الأدمة من منطقة لأخرى، ويتراوح بين 4-5 ملم في الظهر.

1.2.2 صفات الأدمة

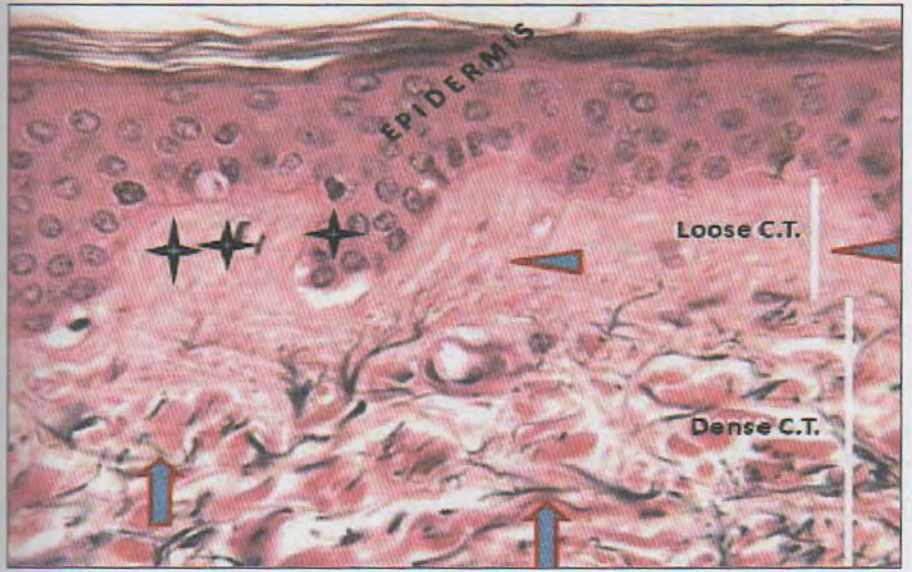
أ. تقع تحت البشرة وتنفصل عنها بصفيحة قاعدية.

ب. سطحها غير مستوٍ، وله عدة نتوءات تسمى **حلمات الأدمة dermal papillae** التي تتشابك مع نتوءات مقابلة من البشرة تدعى **حواف البشرة epidermal ridges** (شكل 2، 3، 8) التي تظهر في الجلد الذي يتعرض لضغوط متواصلة، حيث إن هذه الحلمات والحواف تعزز ترابط الأدمة بالبشرة. وإذا حدث أي خلل في هذا الترابط ينشأ **مرض الفقاع bullus pemphigoid**.

ج. تحتوي شبكة غنية من الشعيرات الدموية في الطبقة العليا (الحلمية)، وبذلك فإنها تحيط بحواف البشرة، ويؤدي ذلك إلى ضبط حرارة الجسم وتغذية البشرة التي لا تحتوي أوعية دموية.



د. تحتوي غددا عرقية وغددا دهنية وجريبات شعر ونهايات عصبية (شكل 1، 2).



(**شكل** 8) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات الأدمة. لاحظ النسيج الضام الطري في الطبقة الحلمية (رأس سهم) والنسيج الضام الكثيف في الطبقة الشبكية (سهم). كذلك لاحظ حد البشرة (نجمة) وحلمة الأدمة (نجمتان)

هـ. فيها **كريات ما يزنر Meissner's corpuscles** التي تتحسس اللمس البسيط **وكريات باسيني Paccinian corpuscles** التي تستشعر الضغط العالي الذي يتعرض له الجلد (شكل 9). كذلك تحتوي الأدمة **عضو روفيني Ruffini's organ** الذي يتكون من زوائد شجرية متفرعة يعتقد أنها تستشعر الحرارة التي يتعرض لها الجلد، كما تحتوي الأدمة **نهايات بصيلات كراوس end bulbs of Kraus** التي قد تعمل كمستقبلات للبرودة.

بتقدم السن تتعرض الأدمة لتغيرات نسيجية، فيتناقص تصنيع ألياف كولاجين ويزداد تصنيع الألياف المرنة، بحيث يصبح محتوى الجلد من البروتين **المرن الاستين elastin** عند البلوغ خمسة أضعاف محتواه في الجنين قبل الولادة. وفي الإنسان الهرم، تتناقص الألياف المرنة ثم تتلف تدريجياً، بينما تزداد الروابط المستعرضة بين ألياف كولاجين. ويؤدي ذلك إلى هشاشة الجلد وقلة مرونته وكثرة تجاعيده.

2.2.2 مكونات الأدمة

تتكون الأدمة من طبقتين، هما: **الطبقة الحلمية papillary layer**، وهي خارجية والطبقة الشبكية **reticular layer**، وهي داخلية (شكل 2، 3).

أ. **الطبقة الحلمية:** هذه طبقة رقيقة تتكون من نسيج **ضام رخو loose CT** (شكل 8) يحتوي خلايا ليفية وصارية، إضافة إلى خلايا دم بيضاء وخلايا أكولة كثيرة. وسميت هذه الطبقة بهذا الإسم لأنها تتشكل من حلمات الأدمة التي أشرنا إليها آنفاً. وتمتد من هذه الطبقة لييفات كولاجين التي تلج في الصفيحة القاعدية، وتساهم هذه الليفات في ربط طبقتي الجلد مع بعضهما، ولذلك فهي تسمّى **الليفات المثبتة anchoring fibrils**.

ب. **الطبقة الشبكية:** تتألف هذه الطبقة الغليظة من نسيج **ضام كثيف غير منتظم dense irregular CT**، يتصف بوفرة ألياف كولاجين وقلة الخلايا الليفية (شكل 8). كذلك، تحتوي هذه الطبقة شبكة من ألياف الإلاستين المسؤولة عن مرونة الجلد. وتمتد من هذه الطبقة ألياف كولاجين باتجاه الصفيحة القاعدية.

3. تحت الأدمة Hypoderims

تتشكل هذه الطبقة من نسيج ضام رخو، وتعمل على ربط الجلد مع الأعضاء المجاورة بحيث يمكن للجلد أن ينزلق فوقها. وهذه الطبقة غنية بالنسيج الدهني (شكل 1، 2)، الذي يختلف في حجم وعدد خلاياه من منطقة لأخرى في الجسم.

4. مشتقات الجلد Skin Derivatives

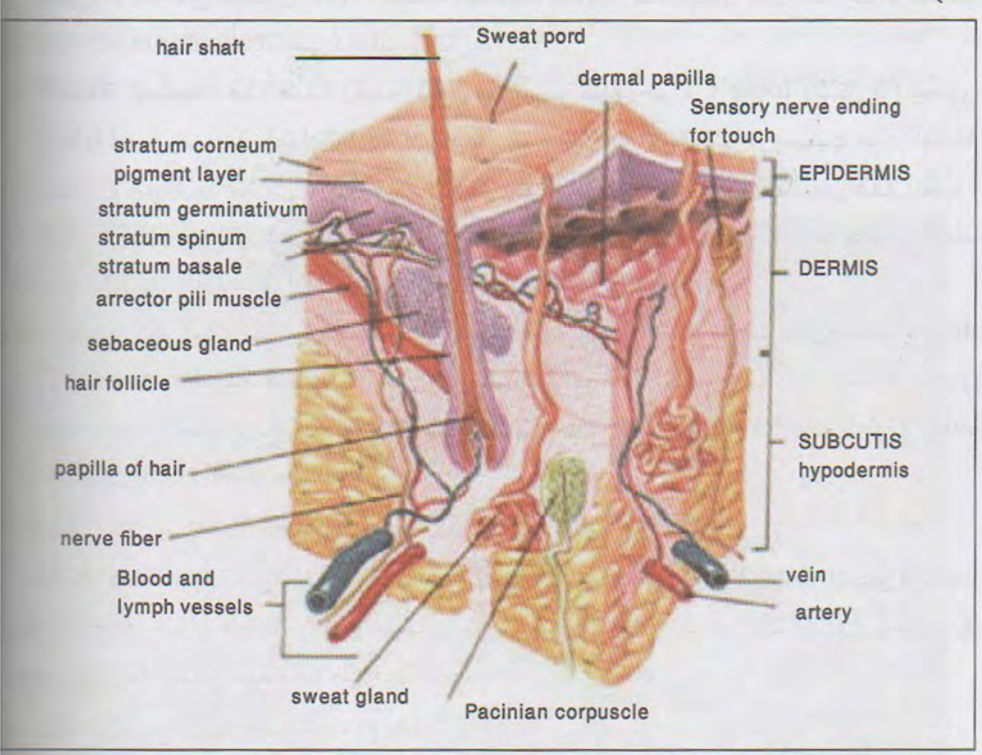
1.4 الشعر Hair

يشتق الشعر من أنثناءات داخلية من بشرة الجلد. ويختلف الشعر في لونه وحجمه وتوزيعه باختلاف العرق والجنس ومنطقة الجسم. ويغطي الشعر جميع مناطق الجسم باستثناء راحة اليدين وأخمص القدمين، والشفاه **والبظر clitoris** **وحشفة القضيب glans penis** .

تنشأ كل شعرة من أنثناء بشرة الجلد لتكوّن فيما بعد **جريب الشعرة hair follicle**، الذي تنشأ من نهايته منطقة متسعة تدعى **بصلة الشعر hair bulb**(شكل 1، 9). وعند قاعدة هذه البصلة توجد **حلمة أدمة dermal papilla** تحتوي شبكة شعيرات دموية تزود الشعرة بأسباب الحياة.

وإذا حدث خلل في تزود الحلمة بالدم فإن جريب الشعرة يموت. وتشكل خلايا البشرة التي تحيط بهذه الحلمة جذر الشعرة الذي يكوّن فيما بعد **جسم الشعرة hair shaft** (شكل 1، 9).

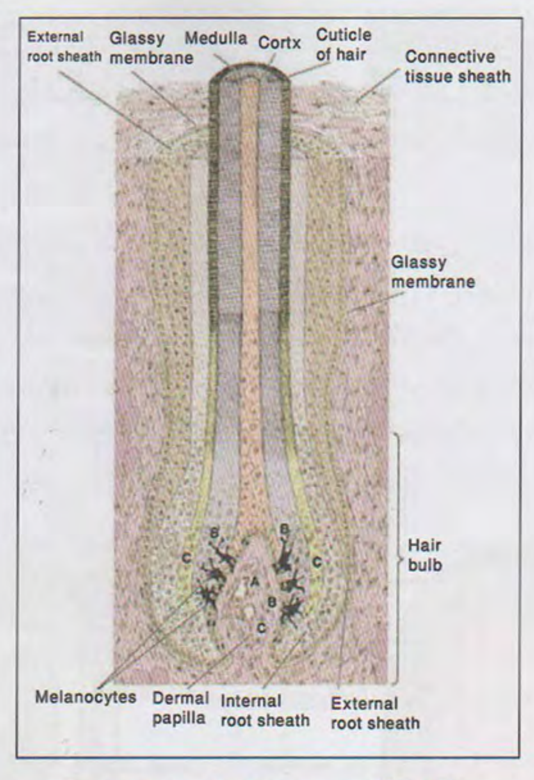
تنقسم خلايا بصلة الشعرة، وهي مماثلة لخلايا الطبقة القاعدية لبشرة الجلد، وتتمايز لتكون عدة أنواع خلوية. فالخلايا التي تقع في مركز جذر الشعرة عند قمة الحلمة تتمايز إلى خلايا فجوية كبيرة ومتقرنة جزئياً لتكون **اللب medulla** (شكل 10)، بينما تتمايز الخلايا المحيطة بمركز الجذر إلى خلايا مغزلية مكتنزة كثيرة التقرن، لتشكل **قشرة الشعرة hair cortex** (شكل 10).



(**شكل 9**) رسم يبين الجلد وجريب الشعرة والعضلة الناصبة والغدد الدهنية والعرقية

وأما الخلايا المحيطة بالقشرة فتكّون **جليدة الشعيرة hair cuticle** وتشكل الخلايا الخارجية للبصلة **الغمد الداخلي للجذر internal root sheath** الذي يحيط بالجزء السفلي من جسم الشعرة (شكل 10). وتجدر الإشارة إلى أن خلايا هذا الغمد، تختفي من حول البصلة عند مستوى الغدد الدهنية المرتبطة بالشعرة.

ويوجد حول الغمد المذكور **الغمد الخارجي للجذر external root sheath** الذي يتصل بخلايا البشرة. وبالقرب من سطح الجلد تظهر في هذا الغمد جميع طبقات البشرة، بينما يكون الغمد المذكور نحيفاً حول بصلة الشعرة، بحيث يتألف من خلايا الطبقة القاعدية فقط (شكل 10).



(**شكل** 10) رسم يبين بمقطع طولي مكونات الشعرة

ينفصل جريب الشعرة عن الأدمة بطبقة لا خلوية رائقة تدعى **الغشاء الزجاجي glassy membrane** (شكل 10) الذي يمثل صفيحة قاعدية متغلظة. وتكون الأدمة التي تحيط بالجريب كثيفة بحيث تشكل غمداً من النسيج الضام. ويرتبط بهذا الغمد حزم من خلايا عضلية ملساء تشكل **العضلة الناصبة arrector pilli** (شكل 9). ويتأتى عن انقباض هذه العضلات، التي عادة ما تكون مائلة، انتصاب جسم الشعرة، وهذه العضلات مسؤولة عن حدوث القشعريرة في حالات البرد أو الخوف.

بالنسبة للون الشعر، فإنه يعتمد على نشاط خلايا الميلانين الموجودة بين حلمة الشعرة والخلايا الطلائية في جذرها. وينتقل الميلانين المصنع في تلك الخلايا إلى خلايا لب وقشرة جسم الشعرة.

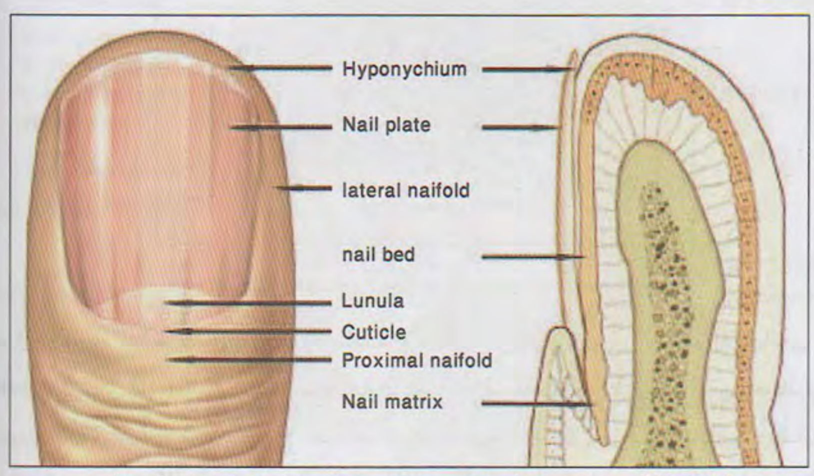
2.4 الأظافر Nails

الظفر عبارة عن صفيحة من خلايا طلائية متقرنة، توجد على السطح العلوي للسلامية الأخيرة لكل إصبع (شكل 11). يشكل الجزء الداني للظفر الذي يكون مخفياً في أخدود **جذر الظفر nail root**، ويتألف النسيج الطلائي للجلد الذي يغطي جذر الظفر من طبقات البشرة التي ذكرنا سابقاً. وتشكل الطبقة المتقرنة من هذا النسيج منطقة تسمى **فوق الظفر eponychium** أو **الجليدة cuticle**. ويسمى الجزء الظاهر من الظفر **صفيحة الظفر nail plate**، التي تنشأ من

الطبقة المتقرنة، وترتكز هذه الصفيحة على طبقة تدعى **سرير الظفر nail bed**، الذي يتشكل من الطبقتين القاعدية والشوكية (شكل 10). وينفصل جسم الظفر عن سريره ليمتد إلى الأمام ويكون **هليل الظفر lunulla**، وهو الجزء الهلالي غير الشفاف من الظفر.

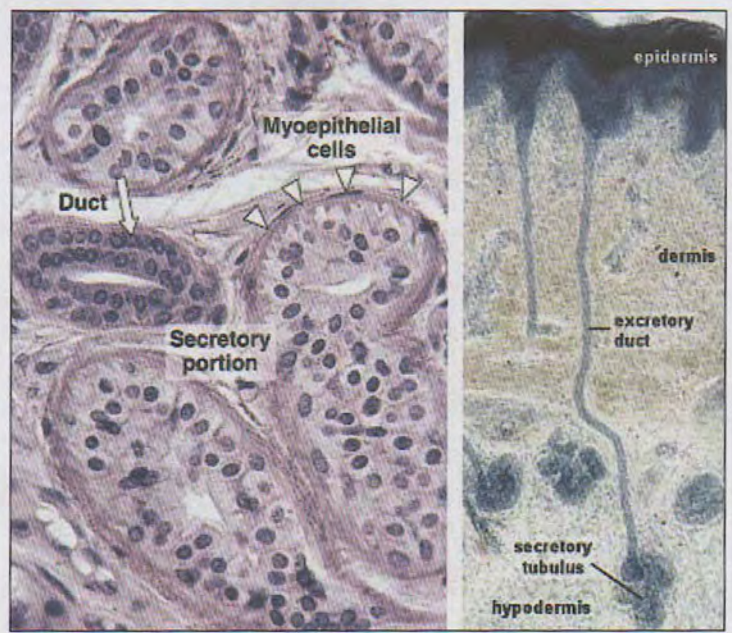
3.4 الغدد العرقية Sweat Glands

تنتشر الغدد العرقية في جميع أنحاء الجسم، باستثناء بعض المناطق مثل **حشفة القضيب glans penis**، وتمثل هذه الغدد تراكيب أنبوبية ملتوية تتكون من جزء إفرازي يوجد في أدمة الجلد، وقناة تمتد من ذلك الجزء لتصل سطح الجلد، وتبطن هذه القناة بنسيج طلائي طبقي مكعب (شكل 8، 12). ويتكون الجزء الإفرازي للغدة العرقية من نسيج طلائي طبقي كاذب، يبلغ قطره حوالي 0.4 µm ويحاط بـ**خلايا طلائية إنقباضية myoepithelial cells** (شكل 12) تساعد في دفع العرق إلى الخارج.



(**شكل 11**) رسم يبين مكونات الظفر بمنظر فوقي (يسار) ومقطع طولي (يمين).

يحتوي الجزء الإفرازي نوعين من الخلايا هما: **الخلايا الداكنة dark cells** و**الخلايا الفاتحة clear cells**. الخلايا الداكنة هرمية الشكل تبطن معظم سطح الغدد المطل على التجويف. ويحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا عدة ميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية خشنة، وعدة ريبوسومات حرة، إضافة إلى مركب جولجي نام. وتوجد في رؤوس هذه الخلايا حبيبات إفرازية تحتوي كميات وفيرة من بروتينات كربوهيدراتية. أما الخلايا الفاتحة فإنها تقع عند المحيط الخارجي للغدة العرقية وهي خالية من الحبيبات الإفرازية، ولكنها تحتوي كميات كبيرة من الجلايكوجين. وتمتاز الأغشية القاعدية لهذه الخلايا بعدة إنغمادات تدل على نشاط تلك الخلايا في امتصاص الأملاح ونقل السوائل. ويتكون العرق من ماء وأملاح الصوديوم واليوريا والأمونيا وحمض اليوريك. وبسبب تبخر العرق بعد إطلاقه فإنه يعمل على تبريد سطح الجلد.



(**شكل** 12) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في الجلد يبين الغدة العرقية (يمين) وصورة مجهرية ضوئية مكبرة للجزء الإفرازي من الغدة العرقية ومحيطها من خلايا عضلية طلائية (يسار)

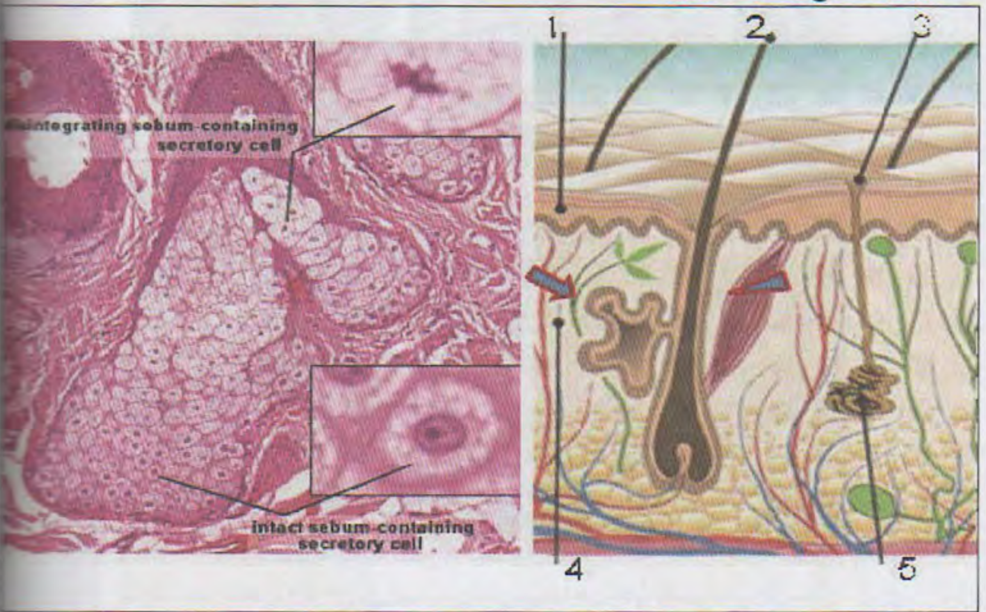
الجدير بالذكر أن جلد الإنسان يحتوي غدداً عرقية **رأسية الإفراز apocrine glands** توجد في مناطق الإبط والشرج وهالة الثدي. ويبلغ قطر هذه الغدد حوالي 5-3 ملم. يوجد الجزء الإفرازي لهذه الغدد في النسيج تحت الجلدي، وتصب قنواتها في جريبات الشعر. كذلك، تفرز هذه الغدد مادة لزجة عديمة الرائحة، وقد يكون لهذه المادة رائحة خاصة نتيجة نشاط بكتيري في المناطق المذكورة. وتعصب الغدد المذكورة بأعصاب تحمل **أدرنالين adrenaline**، بخلاف الغدد العرقية العادية التي تعصب بأعصاب تحمل **أستيل كولين acetylcholine**.

4.4 الغدد الدهنية Sebaceous Glands

توجد هذه الغدد في أدمة الجلد، ولا توجد في الجلد الأجرد لراحة اليد وباطن القدم. ولهذه الغدد عدة وحدات **عنيبية acini** الشكل تصب في قناة قصيرة تصب بدورها في الجزء العلوي من جريب الشعرة (شكل 1، 9). وفي مناطق أخرى، مثل **الشفة والبظر clitoris** و**حشفة القضيب glans penis**، تصب قناة الغدد الدهنية مباشرة على سطح البشرة.

تتكون عنيبات الغدد الدهنية من خلايا مسطحة غير متمايزة ترتكز على صفيحة قاعدية (شكل 13). وتتولد هذه الخلايا ثم تتمايز، وتطلق مادة دهنية في تجويف كل عنيبة. وفي الواقع، فإن هذه المادة الدهنية تطلق داخل كتل خلوية، وفي مرحلة لاحقة تتفجر الخلايا المحتوية للمادة الدهنية وتطلق مادة **الزهم sebum** التي تنقل إلى سطح الجلد. ويعتقد أن لهذه المادة تأثير ضئيل

ضد البكتيريا والفطريات. ومن حيث طبيعتها الكيميائية، فإن مادة الزهم عبارة عن خليط من الدهون والشموع والكولسترول.



(**شكل** 13) رسم يبين بمقطع عرضي مكونات الجلد (يمين)، وتظهر البشرة (1) وقصبة الشعرة (2) وفتحة قناة العرق (3) والأدمة (4) والغدة العرقية (5) والغدة الدهنية (سهم) والعضلة الناصبة (رأس سهم)، وصورة بالمجهر الضوئي لغدة دهنية (يسار). لاحظ العنيبات التي تحاط من الخارج بخلايا مسطحة تتحول إلى خلايا ممتلئة بالدهون في وسط كل وحدة عنبية.

تبدأ الغدد الدهنية العمل عند البلوغ ويقع إفرازها تحت تأثير هرمون **تستوستيرون testosterone** في الذكور وتحت تأثير هرمونات من المبيض والغدد الكظرية في الإناث. ويعتبر الخلل في تكوين وإفراز الزهم سبباً لظهور **حب الشباب acne**.

5. أوعية وأعصاب الجلد Vessels and Nerves of the Skin

تتشكل الشرايين التي تغذي الجلد من **ضفيرتين plexues**، توجد إحداها بين الطبقتين الحلمية والشبكية للأدمة بينما تقع الثانية بين الأدمة والنسيج تحت الجلد (شكل9.1). وتخرج من هاتين الضفيرتين فروع دقيقة إلى حلمات الأدمة. أما الأوردة فتنتظم في ثلاث ضفائر.

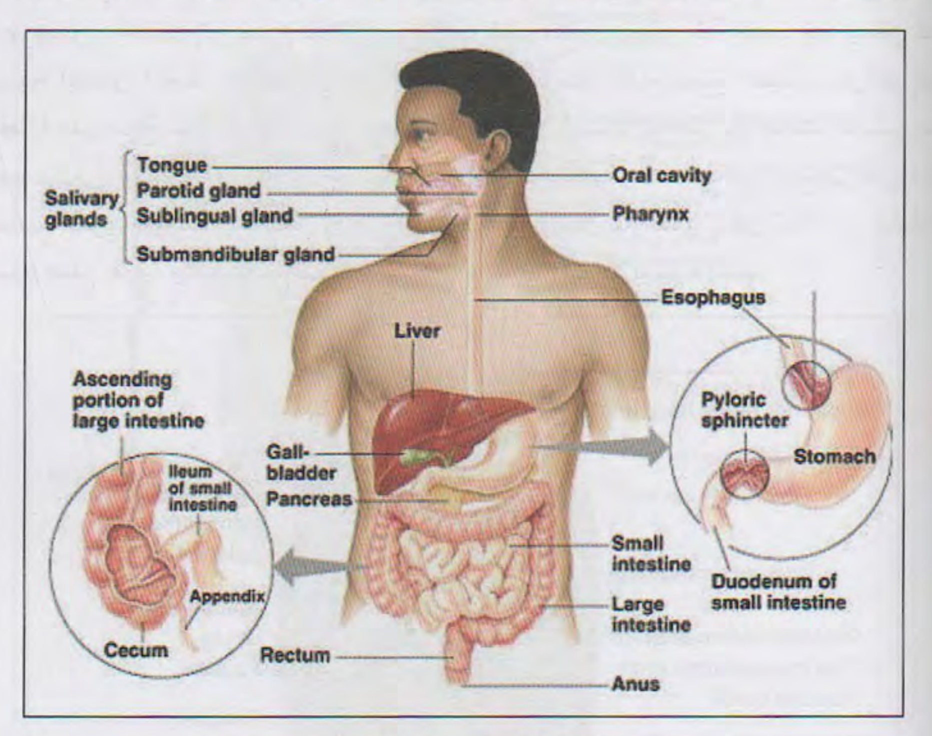
وتوجد في الجلد **التحامات شريانية وريدية arteriovenous anastomosis** عديدة. كما توجد في حلمات الأدمة أوعية لمفاوية تندمج لتكون ضفيرتين كما في الشرايين التي أشرنا إليها. ومن وظائف شبكة الأوعية الدموية في الجلد المساهمة في ضبط الحرارة. ففي الأيام الباردة يمر الدم من الشرايين إلى الأوردة مباشرة، دون العبور في الشعيرات للمحافظة على حرارة الجسم. أما في الأيام الحارة، فيمر الدم في الشعيرات التي تكون متسعة كي تسمح بفقدان بعض الحرارة. وتمثل أطراف الأصابع والأذنين والوجه مناطق تلاحظ فيها تلك الظاهرة بوضوح.

الفصل الحادي عشر

11

الأنبوب الهضمي
The Digestive Tract

يتشكل الجهاز الهضمي من أنبوب هضمي يشمل تجويف الفم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة والمستقيم والشرج، إضافة إلى أعضاء ملحقة تضم الكبد والبنكرياس والمرارة والغدد اللعابية (شكل 1). وتتمثل مهمة هذا الجهاز في تفكيك المواد الغذائية المبلمرة إلى وحدات أصغر يمكن امتصاصها وإيصالها إلى الجهاز الدوري كي تتوزع إلى جميع أنحاء الجسم.



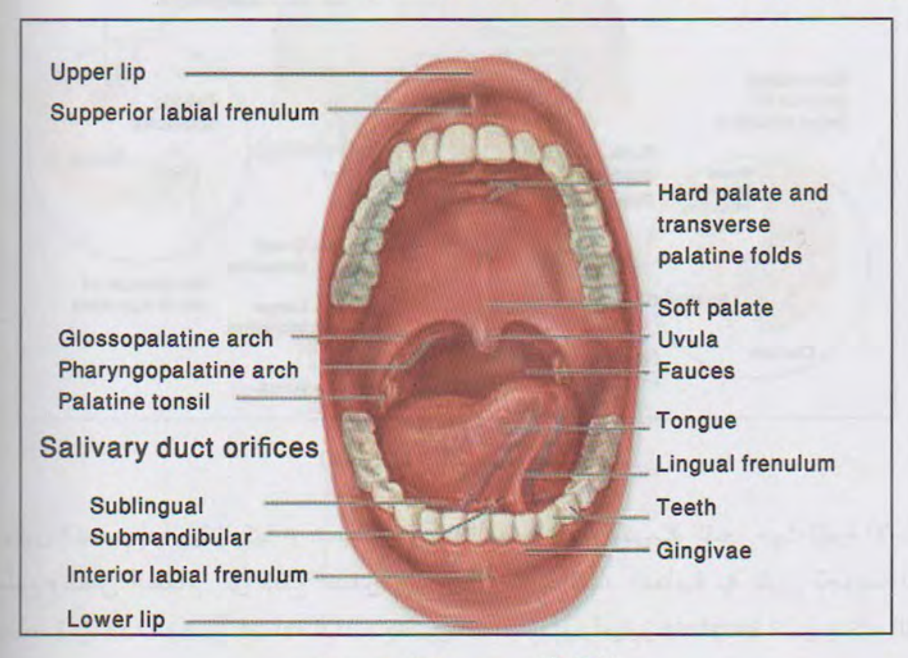
(شكل 1) مكونات الجهاز الهضمي

يكون الهضم إما ميكانيكياً أو كيميائياً، ويبدأ الهضم الميكانيكي في الفم، حيث تقوم الأسنان بتقطيع وطحن الطعام إلى قطع أصغر. ويساهم إفراز الغدد اللعابية في تليين تجويف الفم والمساعدة في هذا الهضم. إضافة لذلك، يحتوي اللعاب إنزيم **أميليز amylase** الذي يفكك النشا إلى سكريات ثنائية. ويستمر الهضم في المعدة والأمعاء الدقيقة، حيث تتحول جزيئات الغذاء الكبيرة إلى وحدات صغيرة، مثل الأحماض الأمينية والنووية والدهنية والسكريات الأحادية. ويتم امتصاص الماء في الأمعاء الغليظة حيث تتحول المادة غير المهضومة إلى كتلة شبه صلبة.

سنكرس هذا الفصل لدراسة الأنبوب الهضمي، ونبدأ بتجويف الفم بما فيه من لسان وأسنان، ثم ننتقل إلى بقية أجزاء الأنبوب الهضمي، وسندرس الغدد اللعابية والأعضاء الأخرى الملحقة بهذا الأنبوب في الفصل التالي.

1. تجويف الفم Oral Cavity

يحتوي هذا التجويف اللسان والأسنان وتصب فيه الغدد اللعابية، ويحاط بالخدين والشفتين وله سقف من **حنك صلب hard palate** و**حنك طري soft palate** (شكل 2). ويبطن هذا التجويف بنسيج طلائي حرشفي غير متقرن. وفي منطقة الخدين والشفة، يتم الانتقال من النسيج المذكور الذي يبطن داخلهما إلى نسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن يغطي خارجهما، كما يبطن هذا النسيج المتقرن الحنك الصلب واللثة لحمايتها من التهتك أثناء مضغ الطعام. وترتكز هذه البطانة على نسيج ضام طري يحتوي غددا لعابية. يرتكز الغشاء المخاطي في الحنك الصلب على نسيج عظمي، بينما توجد في لب الحنك الطري عضلات هيكلية وغدد مخاطية. ويتدلى من مركز الحنك الطري بروز باتجاه الفم، يدعى **اللهاة uvula** (شكل 2) الذي يتكون لبّها من عضلات ونسيج ضام طري، بينما يتألف غطاؤها من نسيج طلائي مماثل لبطانة الفم.

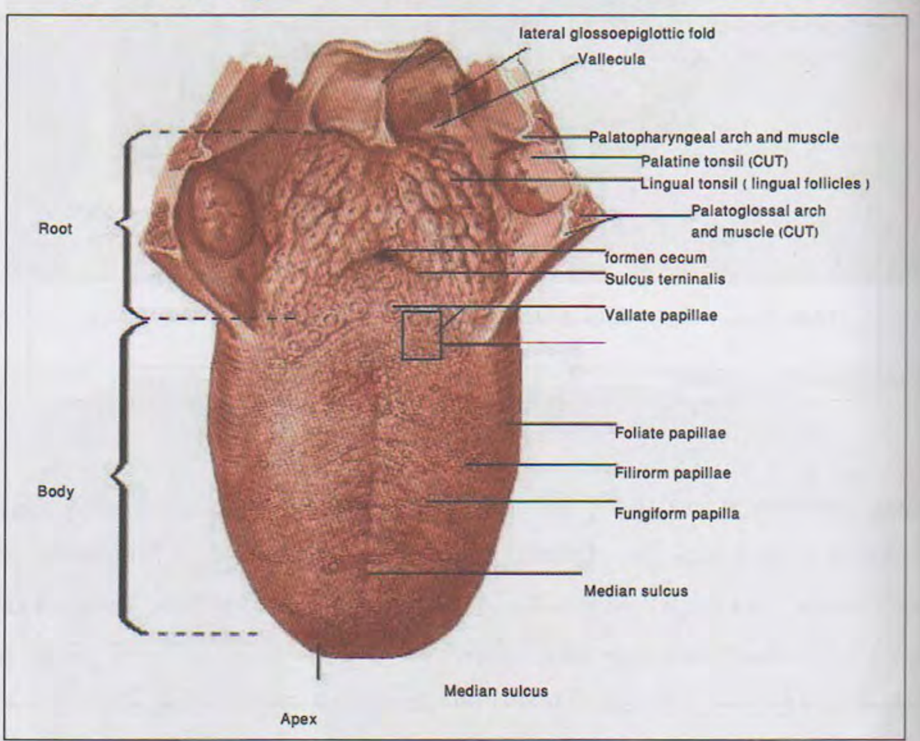


(**شكل 2**) رسم يبين مكونات تجويف الفم

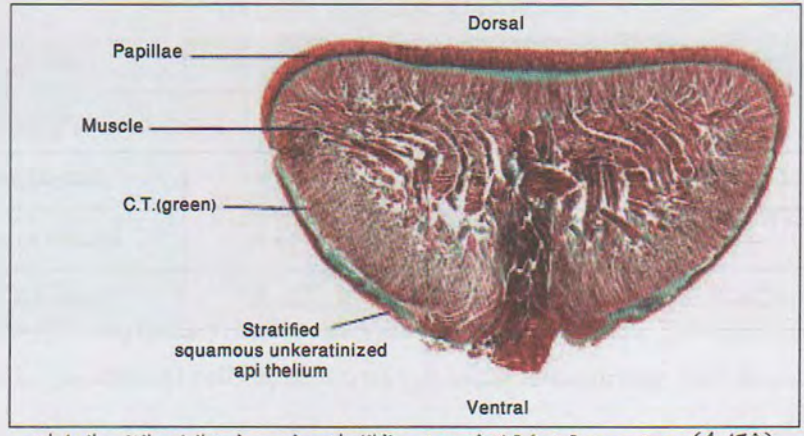
1.1 اللسان Tongue

هذا عضو يتكون من عضل هيكلي، مغطى بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن ، له سطح علوي خشن و متعرج، وسطح سفلي أملس. وتتوزع حزم العضلات في كل الاتجاهات حيث تنفصل عن بعضها بنسيج ضام (شكل 4،3). وتوجد على السطح العلوي للسان أعداد كبيرة من نتوءات

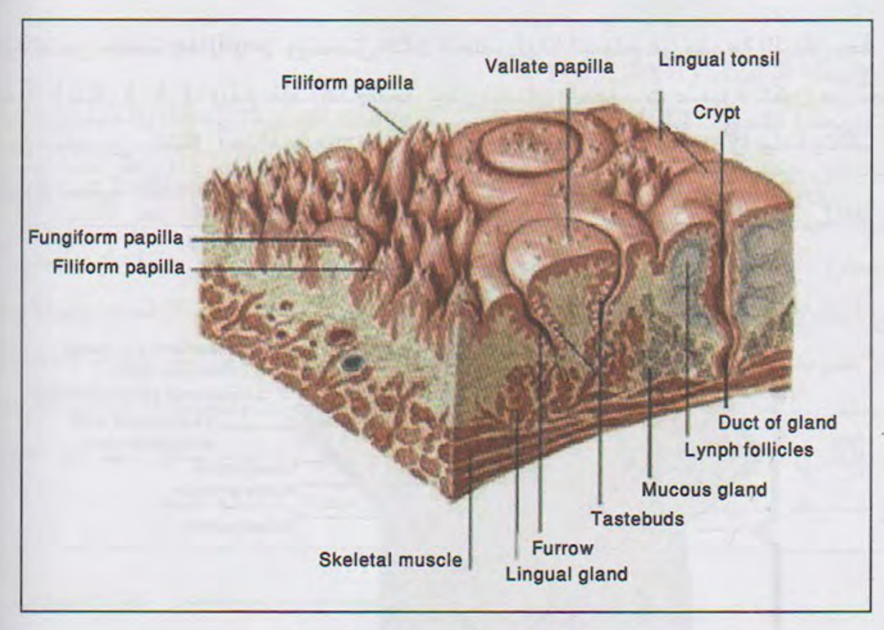
صغيرة تدعى **حلمات papillae**، وينفصل الثلث الخلفي لهذا السطح عن مقدمة اللسان بحد يشبه حرف V (شكل 3، 4). ويقع خلف هذا الحد جذر اللسان وانتفاخات صغيرة تتكون من تجمعين لمفاويين صغيرين، يتشكل أحداهما من عقيدات لمفاوية **lymphatic nodules** بينما يتألف الآخر من **لوزات لسانية lingual tonsils** سندرسها لاحقا في الفصل المعني بالجهاز اللمفاوي.



(**شكل** 3) رسم يبين قاعدة اللسان وسطحه العلوي



(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في اللسان ويظهر سطحه العلوي الغني بالحلمات وسطحه السفلي الأملس



(**شكل** 5) رسم يبين توزيع حلمات اللسان

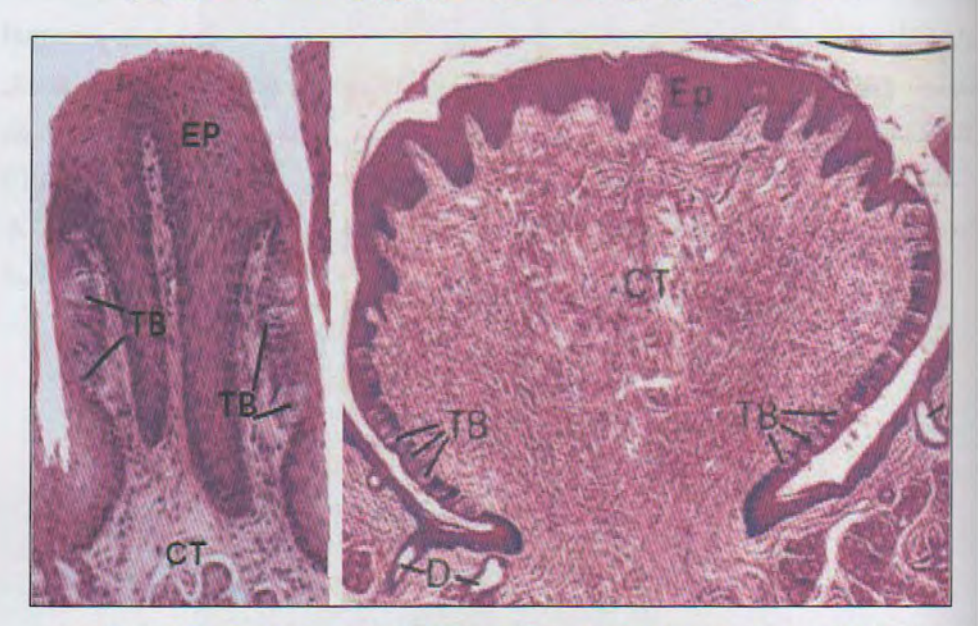
يوجد في السطح العلوي للسان أربعة أنواع من الحلمات، هي: **خيطية الشكل filiform**، و**فطرية الشكل fungiform** (شكل3، 5 ،6) و **ورقية الشكل foliate** وهي ضعيفة النمو في الإنسان، و**دائرية مخندقة cricumvallate** (شكل3، 5 ،7). والنسيج الطلائي في هذه الحلمات هو من النوع الطبقي الحرشفي غير المقترن باستثناء الخيطية منها، حيث يكون متقرناً جزئياً. و يوجد في النسيج الطلائي لهذه الحلمات **براعم تذوق taste buds** تحتوي خلايا مستقبلة تستجيب لمذاق الطعام. ويبين الجدول 1 سمات هذه الحلمات.

جدول (1): أنواع وسمات حلمات اللسان

نوع الحلمة	الموقع على اللسان	موقع براعم التذوق
خيطية الشكل	موزعة على سطح اللسان	لاتوجد
فطرية الشكل	موزعة بين الحلمات الخيطية	الأسطح العليا للحلمات
دائرية مخندقة	في منطقة V وتحاط بأخاديد	جوانب الحلمات
ورقية الشكل	في صفين على جانبي اللسان	جوانب الحلمات

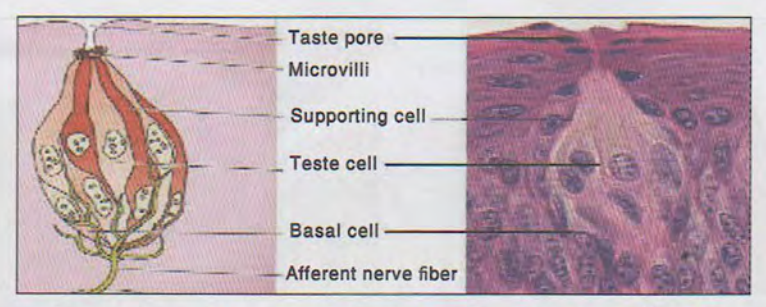


(**شكل** 6) صورة مجهرية ضوئية في حلمة خيطية الشكل (يمين) وفي حلمة فطرية الشكل (يسار)



(**شكل** 7) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في حلمة دائرية مخندقة (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لمقطع في حلمة ورقية الشكل (يسار). لاحظ النسيج الطلائي الطبقي (EP) وبراعم التذوق (TB) والنسيج الضام (CT)

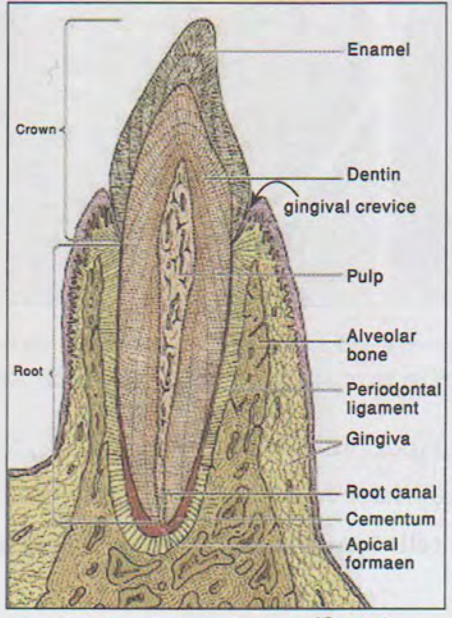
يتخذ برعم التذوق شكلا بيضاويا ويتكون من 50-70 خلية مطمورة في النسيج الطلائي للحلمة (شكل 8)، نصفها معني بالتذوق وتسمى **خلايا التذوق taste cells**، وبعضها يدعم البرعم ويسمى **الخلايا الداعمة supporting cells**، إضافة إلى **خلايا قاعدية basal cells** تعوض ما يفقد من خلايا تتهتك.



(**شكل** 8) صورة مجهرية ضوئية لبرعم (يمين) و رسم يبين خلايا برعم تذوق (يسار)

2.1 الأسنان Teeth

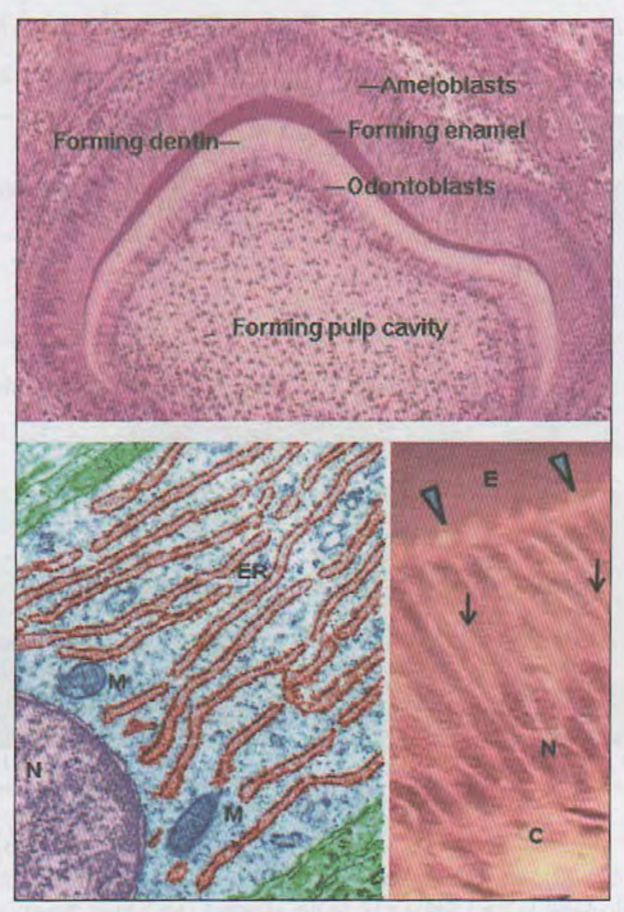
تتوزع الأسنان الدائمة في الإنسان (وعددها 32) في مجموعتين متماثلتين في كل من الفكين العلوي والسفلي. و يتكون السن من جزء بارز فوق اللثة ويدعى **التاج crown**، وجزء مطمور في اللثة داخل تجويف في الفك، ويسمى **الجذر root** (شكل 9). ويغطى التاج بمادة صلبة تسمى المينا **enamal**، بينما يغطى الجذر بمادة الملاط (**الإسمنت**) **cementum**. ويلتقي الغطاءان المذكوران في عنق **neck** السن. كذلك، يحتوي السن مادة متكلسة تدعى **العاج dentin**، تحيط بـ تجويف **اللب pulp cavity** الذي يمتد إلى قمة الجذر، حيث توجد **فتحة قمية apical formen** (شكل 9) تسمح بعبور الأوعية الدموية والأعصاب والأوعية اللمفاوية إلى داخل التجويف. ويثبت السن في تجويف الفك بوساطة **رباط محيط السن periodontal ligament** الذي يتكون من حزم من ألياف كولاجين (شكل 9). ونعالج فيما يلي أجزاء السن.



(**شكل** 9) رسم لمقطع طولي في سن قاطعة

1.2.1 المينا Enamel

يمثل المينا أصلب جزء في جسم الإنسان، وهو الأغنى بأملاح الكالسيوم، التي تشكل حوالي 95% منه، بينما تشكل مادته العضوية نسبة 0.5%، في حين يكوّن الماء حوالي 4.5 %. ينتج المينا في خلايا مينا يافعة **amelobasts**، طويلة وغنية جدا بالميتوكوندريا وتحتوي نوى قاعدية وشبكية إندوبلازمية خشنة ومركب جولجي نام (شكل 10). ولكل خلية مينا يافعة امتداد رأسي يدعى بروز توم **Tome's process** فيه عدة حبيبات إفرازية تحتوي بروتينات مولدة للمينا. ويتشكل المينا من عدة أعمدة من بلورات هايدروكسي أباتيت، تسمى **عصي (مناشير) المينا enamel rods (prisms)** (شكل 10).

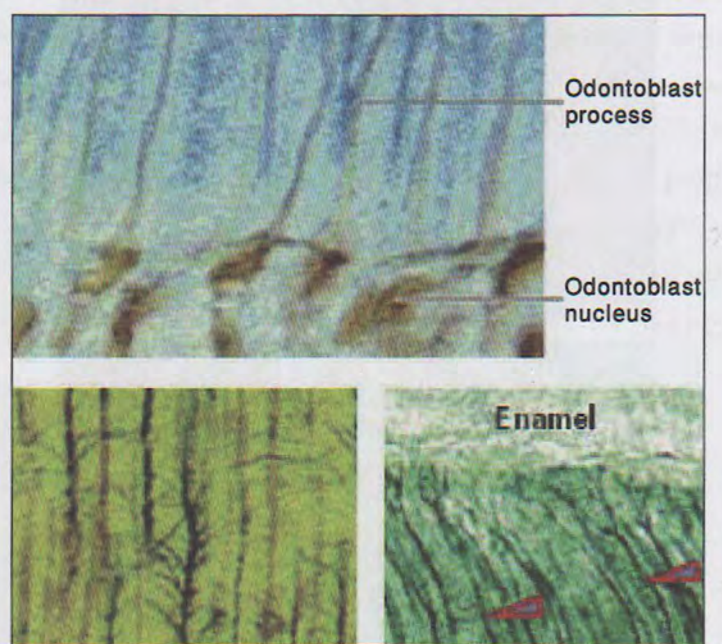


(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لخلايا مينا وعاج يافعة في سن نام (فوق) وصورة مجهرية ضوئية لخلايا مينا يافعة وتظهر النوى (N) وبروزات الخلايا (أسهم) وبدايات مناشير المينا (رأس سهم) (تحت، يمين) وصورة مجهرية إلكترونية لجزء من خلية مينا يافعة تبين تركيبها الدقيق وتظهر النواة (N) والشبكة الإندوبلازمية الخشنة (ER) والميتوكوندريا (M) (تحت، يسار).

2.2.1 العاج Dentin

هذا نسيج متكلس يتكون من خييطات كولاجين I، **وجلايكانات جلوكوز أمين glycosaminoglycans** وأملاح الكالسيوم (التي تشكل نسبة 70% من الوزن الجاف للعاج) على هيئة بلورات **هيدروكسي أباتيت hydroxyapatite**.

يفرز العاج من **خلايا عاج يافعة odontoblasts**، وهي خلايا تفصل جسم السن عن تجويف اللب (شكل 10). والخلايا المذكورة طويلة، تنتج العاج من جهة واحدة فقط، وهي الجهة البعيدة عن تجويف اللب. وتحتوي كل خلية نواة قاعدية وشبكة إندوبلازمية خشنة وافرة. ولهذه الخلايا بروزات سيتوبلازمية متفرعة تعبر جسم العاج، وتسمى بروزات **خلايا العاج اليافعة odonto-blast processes** أو **ألياف توم Tome's fibers**. وتمتد هذه البروزات عبر قنوات دقيقة تسمى **الأنيبيبات العاجية dentinal tubules** التي تتفرع كثيرا عند اتصال العاج بالمينا (شكل 11).



(**شكل** 11) صورة بالمجهر الضوئي تبين خلايا عاج يافعة وبروزاتها (فوق) ويظهر الجزء الأولي من ألياف توم (تحت، يمين، أسهم) والجزء الطرفي البعيد المتفرع (تحت، يسار)

3.2.1 اللب Pulp

يتشكل اللب من نسيج ضام رخو، ويحتوي خلايا عاج يافعة وخلايا ليفية، إضافة إلى لييفات كولاجين ومادة أرضية غنية بمركبات جلايكانات جلوكوز أمين. وتوجد في اللب عدة أوعية دموية وألياف عصبية تتفرع وتمتد لمسافة قصيرة داخل أنيبيبات العاج، حيث تكون هذه الأعصاب حساسة للألم.

4.2.1 الملاط (الإسمنت) Cementum

يغطي هذا النسيج العاج في جذر السن (شكل 9)، وهو شبيه بالعظم من حيث التركيب النسيجي، غير أنه لا يحتوي وحدات هافرس وأوعية دموية. والملاط غليظ في المنطقة الرأسية للجذر حيث توجد **خلايا إسمنتية cementocytes** شبيهة بالخلايا العظمية، إذ أنها تحاط بـ **فرجات lacunae** وتتصل مع بعضها بوساطة **قنيّات canaliculi**.

5.2.1 الرباط المحيط بالسن Periodontal Ligament

يتشكل هذا الرباط من نسيج ضام كثيف غير منتظم، تخترق أليافه الكولاجينية الملاط لتربط السن بعظم الفك (شكل 9). وتعمل ألياف هذا الرباط على دعامة السن إزاء الضغوط التي يتعرض لها أثناء المضغ. ويضمر هذا الرباط في حالة نقص فيتامين ج، مما يجعل الأسنان غير ثابتة في تجاويفها.

6.2.1 العظم السنجي Alveolar Bone

هذا نسيج عظمي أولي تخترقه ألياف كولاجين الموجودة في الرباط المحيط بالسن لتكوّن جسرا متينا بين السن ومحيطه. وتمر أوعية دموية وأعصاب عبر هذا العظم إلى لب السن.

3.1 اللثة Gingiva

تتكون اللثة من نسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرّن وعدة حلمات من النسيج الضام. ويرتبط هذا النسيج بمينا السن عبر **جليدة cuticle** تشبه صفيحة قاعدية (شكل 9). وتشد الخلايا الطلائية إلى الجليدة بأنصاف أجسام رابطة. كذلك، يوجد بين المينا والنسيج الطلائي للثة فلع لثوي **gingival crevice**، وهو عبارة عن شق يحيط بتاج السن.

2. جدار الأنبوب الهضمي

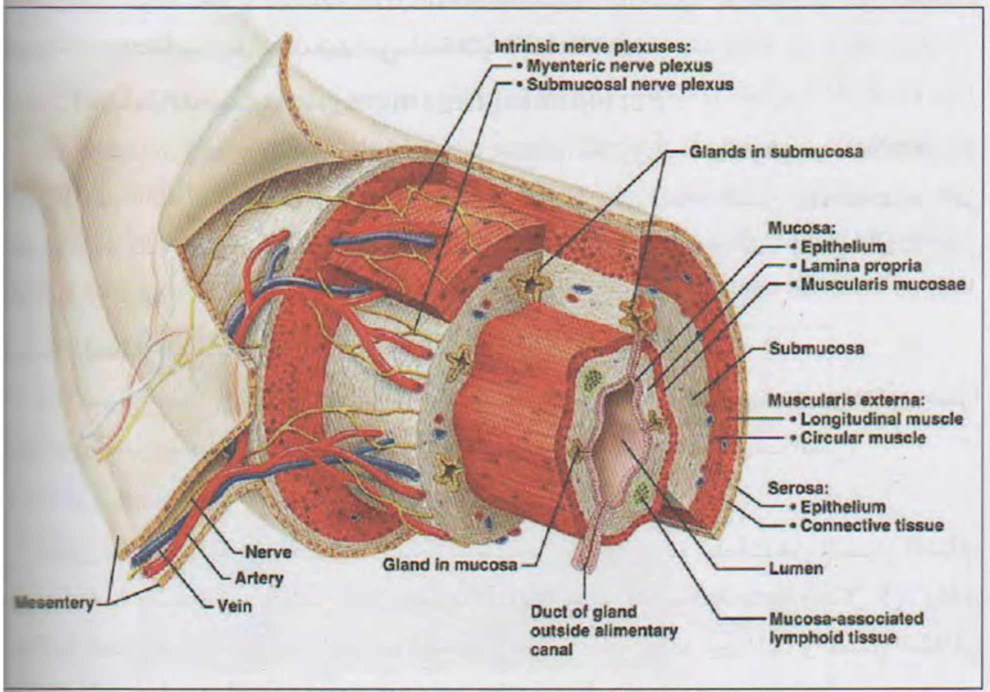
يمتد الأنبوب الهضمي من المريء وحتى الشرج، وهو يتشكل من أربع طبقات، هي: **المخاطية mucosa**، **وتحت المخاطية submucosa**، **والعضلية muscularis**، **والمصلية serosa**. ونعالج فيما يلي التركيب النسيجي لهذه الطبقات التي يبين شكل 12 العلاقات الموضعية بينها.

1.2 المخاطية Mucosa

تتألف هذه الطبقة من **بطانة طلائية epithelial lining**،**وصفيحة مخصوصة lamina propria** تتشكل من نسيج ضام طري، ومنطقة عضلية مخاطية **muscularis mucosae** (شكل 12).

تكون البطانة الطلائية إما **طبقية حرشفية غير متقرنة stratified squamous non-keratinized** كما في منطقة الفم والمريء والشرج، أو **بسيطة عمادية simple columnar** كما في بقية أجزاء الأنبوب الهضمي. وتقوم البطانة الطلائية للأنبوب الهضمي بعدة وظائف أهمها:

العمل كحاجز نفاذ بين أنسجة الجسم ومحتوى الأنبوب الهضمي، وتسهيل هضم ونقل الغذاء وامتصاص نواتج الهضم، كما تنتج البطانة هرمونات تؤثر في عملية الهضم. كذلك، تعمل البطانة على تليين مجرى الهضم بوساطة مادة مخاطية تقلل الاحتكاك بينها وبين الطعام.



(**شكل** 12) رسم يبين مكونات جدار الأنبوب الهضمي

وتكثر العقيدات اللمفاوية وكذلك الخلايا الأكولة الكبيرة في الصفيحة المخصوصة وفي الطبقة تحت المخاطية (شكل 12)، وذلك لحماية الأنبوب الهضمي، وبالتالي جسم الإنسان، من العدوى البكتيرية. ولهذه المساندة المناعية أهمية خاصة، ذلك أن معظم بطانة الأنبوب الهضمي، كما بيّنا، مكونة من نسيج طلائي بسيط غير حصين. وتساعد المنطقة العضلية المخاطية في تحريك بطانة الأنبوب الهضمي، ويؤدي ذلك إلى احتكاك تلك البطانة بالغذاء، وبالتالي زيادة كفاءة عملية الهضم. وتعصب الخلايا العضلية في هذه المنطقة بأعصاب ودية وأخرى نظير ودية. ويعزى تأثير الاضطرابات النفسية على الجهاز الهضمي إلى وفرة الأعصاب الذاتية في جدار هذا الجهاز.

2.2 تحت المخاطية Submucosa

تتشكل هذه الطبقة من نسيج ضام طري غني بالغدد والأوعية الدموية واللمفاوية، إضافة إلى **ضفيرة مايزنر العصبية Meissner's nerve plexus** (شكل 12).

3.2 العضلية Muscularis

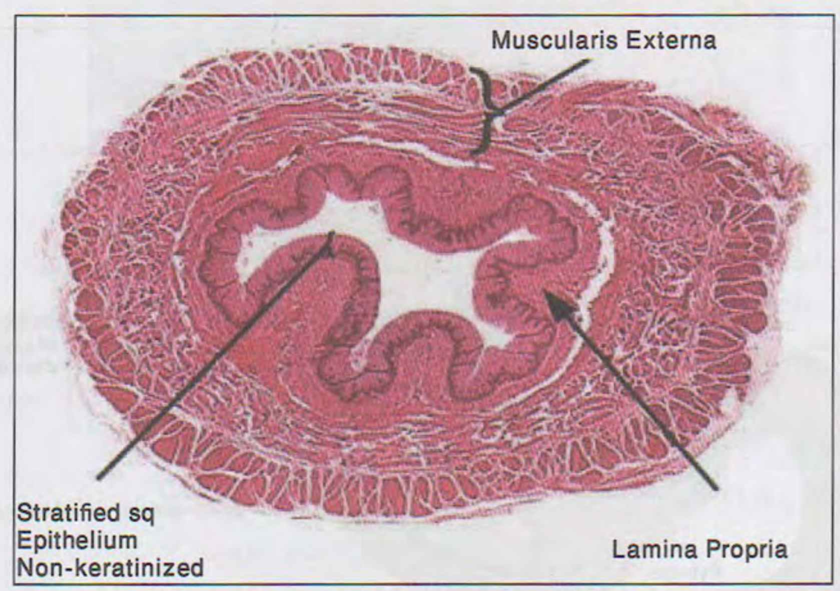
تتكون هذه المنطقة من خلايا عضلية ملساء، تنتظم في طبقة داخلية دائرية وطبقة خارجية، منتظمة بشكل طولي (شكل 12). وتحتوي هذه الطبقة **ضفيرة أورباخ العصبية Auerbach's nerve plexus** التي توجد بين المجموعتين العضليتين المذكورتين (شكل 12). ويوجد بين خلايا طبقتي العضلات أوعية دموية وأخرى لمفاوية.

4.2 المصلية Serosa

هذه طبقة رقيقة من النسيج الضام الطري الغني بالأوعية الدموية واللمفاوية والنسيج الدهني وتغطى من الخارج نسيج طلائي حرشفي بسيط (شكل 12).

3. المريء Esophagus

هذا أنبوب عضلي يتراوح طوله بين 20 و 50 سم، ويعمل على نقل الغذاء من الفم إلى المعدة. ويبطن المريء بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن. وبشكل عام، فإن جدار المريء يتكون من الطبقات المذكورة سابقا (شكل 13). وتكثر في المنطقة تحت المخاطية غدد مخاطية. وفي الجزء الأعلى من المريء توجد عضلات هيكلية، بينما توجد في جزئه الأوسط عضلات هيكلية وأخرى ملساء، وفي الجزء القريب من المعدة توجد عضلات ملساء فقط.



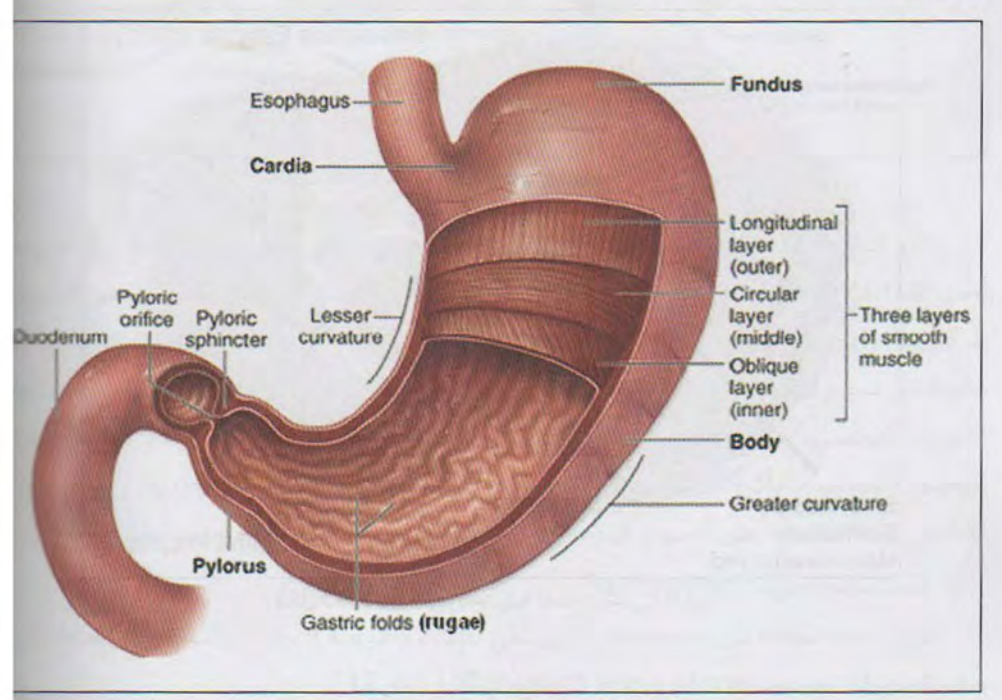
(**شكل** 13) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في المريء

4. المعدة Stomach

تمثل المعدة الجزء المنتفخ من الأنبوب الهضمي، حيث يبدأ فيها هضم البروتينات. ونتيجة لتحركات جدار المعدة، يتحول الطعام في هذا العضو إلى مادة لزجة تسمى **كيموس** chyme وتتكون المعدة من أربع مناطق، هي: **الفؤاد cardia**، **والقاع fundus**، **والجسم body**، **والبواب pylorous** (شكل 14)، وسنعالج هذه المناطق لاحقا.

تتكون الطبقة المخاطية لجدار المعدة من نسيج طلائي عمادي بسيط، وتنغمد هذه البطانة لتكوّن **حفرا معدية gastric pits** تصب فيها إفرازات الغدد الأنبوبية المتفرعة من مختلف أجزاء المعدة. و تفرز الخلايا المبطنة لهذه الحفر مادة مخاطية تشكل طبقة غليظة تحمي غدد المعدة من تأثيرات **حمض HCl**. وبينت الدراسات الحديثة أن الخلايا المبطنة لسطح المعدة والحفر المعدية تتصل بروابط محكمة تشكل حاجزا أمام الحمض المذكور. كذلك، تبين أن التوتر والمواد الكيميائية مثل الإسبرين، تهيج بطانة المعدة وتؤدي إلى **القرحة ulcer**.

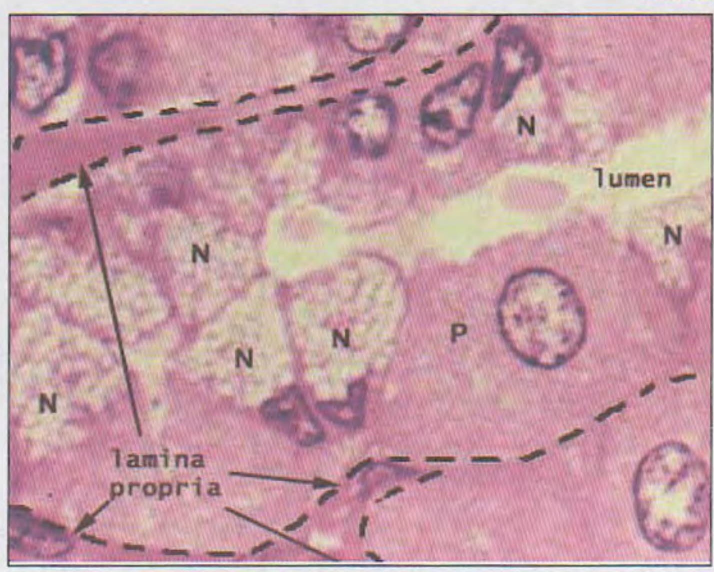
تجدر الإشارة إلى أن ثنايا طولية تسمى **جعدات rugae** (شكل 14) تمتد من طبقتي المخاطية وتحت المخاطية باتجاه تجويف المعدة، وتعمل هذه الجعدات على زيادة المساحة السطحية للمعدة لتزيد من كفاءة عملية الهضم.



(**شكل 14**) رسم لمناطق المعدة وتركيبها النسيجي

1.4 منطقة الفؤاد Cardiac Region

تقع هذه المنطقة بعد نهاية المريء (شكل 14)، ويوجد في صفيحتها المخصوصة لهذه المنطقة غدد أنبوبية بسيطة أو متفرعة، وتنتج معظم خلايا هذه الغدد مادة مخاطية وأنزيمات مفككة لجدر البكتيريا. وتفرز القليل من **الخلايا الجدارية parietal cells** (شكل 15) الموجودة في هذه الغدد حمض **HCl** .



(**شكل** 15) صورة مجهرية ضوئية لخلايا عنقية مخاطية (N) وخلايا جدارية (P) في الطبقة المخاطية للمعدة

2.4 القاع والجسم Fundus and Body

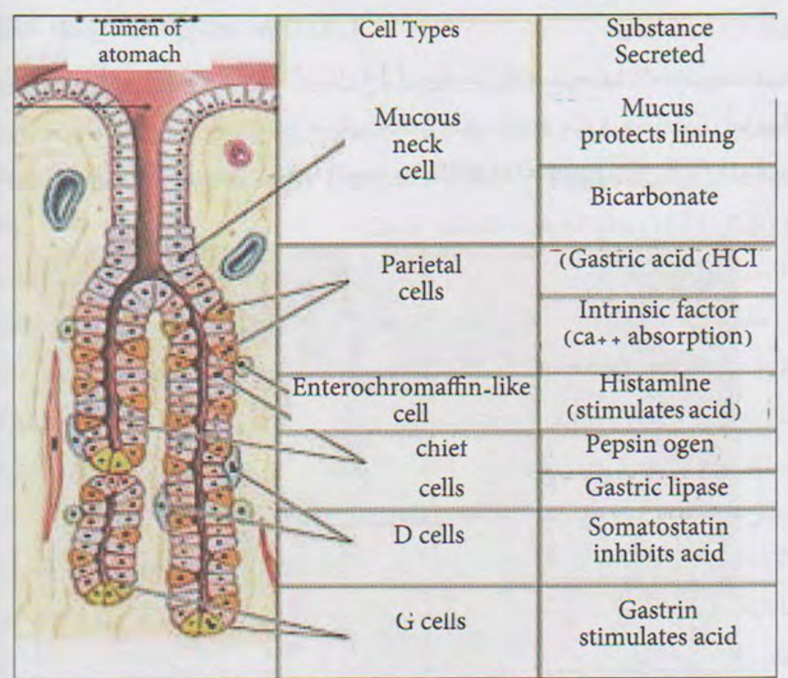
هاتان المنطقتان متشابهتان نسيجيا، ولذلك سنعالجهما سوياً. تحتوي الصفيحة المخصوصة في هاتين المنطقتين غدداً أنبوبية متفرعة، وتحتوي أعناق هذه الغدد خلايا غير متمايزة وخلايا جدراية وخلايا مخاطية. أما قواعدها فتحتوي الخلايا الرئيسية والخلايا المعدّية الصم. ونعالج فيما يلي هذه الخلايا (شكل 16).

أ. الخلايا غير المتمايزة Undifferentiated Cells

هذه خلايا قليلة العدد، لها نوى قاعدية وبيضاوية الشكل توجد في أعناق الغدد المعدية. ولهذه الخلايا قدرة انقسام عالية للتعويض عما يفقد من خلايا بطانة المعدة.

ب. الخلايا العنقية المخاطية Mucous Neck Cells

توجد هذه الخلايا فرادى أو في مجموعات بين الخلايا الجدارية في أعناق الغدد المعدية. ولهذه الخلايا، ذات النوى القاعدية، أشكال غير منتظمة ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات بيضاوية أو كروية (شكل 15)، إضافة إلى عدة ميتوكندريا. وعند قمم هذه الخلايا توجد خملات دقيقة متعددة. ويعتقد أن هذه الخلايا تفرز مادة مخاطية تحمي جدار المعدة من التهتك.



(**شكل** 16) رسم يبين خلايا بطانة المعدة ووظائفها

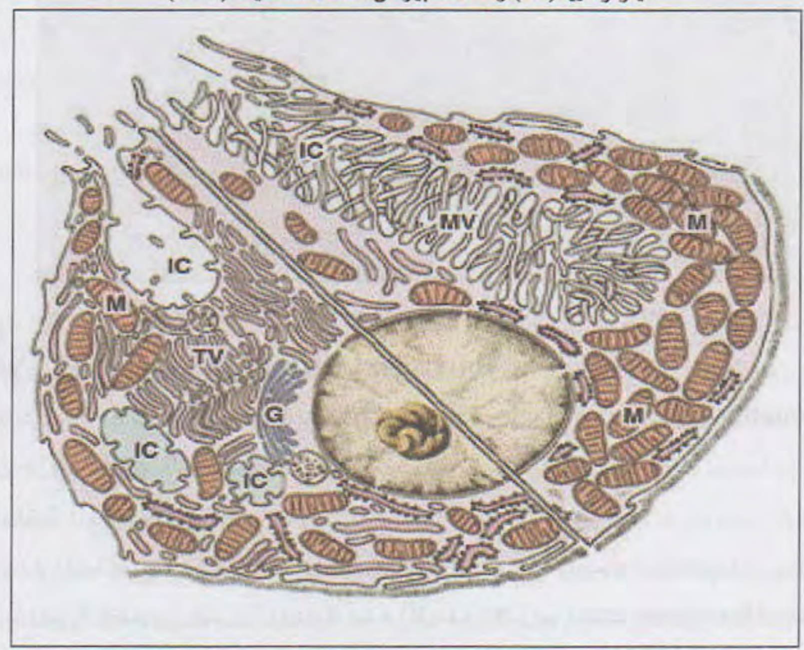
ج. الخلايا الجدارية Parietal Cells

توجد هذه الخلايا بوفرة في الأجزاء العلوية من الغدد المعديّة، ولكنها قليلة جداً في قواعد تلك الغدد. وهذه الخلايا هرمية الشكل ولها نوى مركزية وسيتوبلازم قوي الاصطباغ بإيوسين وبمشاهدة هذه الخلايا بالمجهر الإلكتروني النافذ، تلاحظ انغمادات عميقة من الغشاء الخلوي الرأسي لتكوّن **قنيات خلوية داخلية intracellular canaliculi**، إضافة إلى وفرة من الميتوكوندريا (شكل 15، 18).

وكما يتبين من (الشكل 18)، فإن المنطقة الرأسية للخلية الجدارية غير النشطة تحتوي **حوصلات أنبوبية tubulovesicles** تحت الغشاء الخلوي، وفي هذه الحالة، يوجد على سطح الخلية عدد قليل من الخملات الدقيقة. وعند تنشيط هذه الخلايا لإفراز **HCl**، تندمج الحوصلات الأنبوبية مع غشاء الخلية وتكثر خملاتها الدقيقة وبذلك تزداد مساحتها السطحية لزيادة كفاءة الإفراز (شكل 18). ويعتقد أن الخييطات الدقيقة الموجودة بين تلك الحويصلات تلعب دوراً مهماً في هذا الشأن.



(**شكل** 17) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية جدارية نشطة. لاحظ وفرة الميتوكوندريا (M) والعدد الكبير من الخملات الدقيقة (MV)



(**شكل** 18) رسم يبين الفروقات الدقيقة بين خلية جدارية نشطة (يمين) وأخرى غير نشطة (يسار).
IC= قنيات داخل الخلية؛ M= ميتوكوندريا؛ MV= خملات دقيقة؛ TV = حوصلات أنبوبية

تفرز الخلايا الجدارية HCl تحت تأثير هرمون **جاسترن gastrin** ونهايات عصبية في جدار المعدة. ويؤشر العدد الكبير لهذه الخلايا على قدرة المعدة لإنتاج هذا الحمض. كذلك، تنتج هذه الخلايا **العامل المعدي الداخلي gastric intrinsic factor**، وهو بروتين كربوهيدراتي يرتبط بقوة مع فيتامين B12. ويؤدي أي نقصان في هذا العامل إلى خلل في امتصاص هذا الفيتامين، وينشأ عن ذلك **فقر الدم الوبيل pernicious anemia**.

د. الخلايا الرئيسة Chief Cells

تتجاور هذه الخلايا مع الخلايا الجدارية (شكل 19) وتسود في المنطقة السفلى من الغدد الأنبوبية، ولها خصائص الخلايا المفرزة للبروتينات. فالشبكة الإندوبلازمية الخشنة وفيرة وأعداد الميتوكوندريا كثيرة. وتفرز هذه الخلايا **مولد ببسين pepsinogen** الذي يتحول إلى إنزيم **ببسين pepsin** النشط عند إطلاق حمض HCl من الخلايا الجدارية.



(**شكل 19**) صورة مجهرية ضوئية لخلايا رئيسة (C)، وخلايا جدارية (P)

هـ. الخلايا المعدية الصمّ Enteroendocrine Cells

توجد هذه الخلايا عند قواعد غدد المعدة. ومن أهم افرازاتها **سيروتونن serotonin** الذي يزيد من حركة الأنبوب الهضمي.

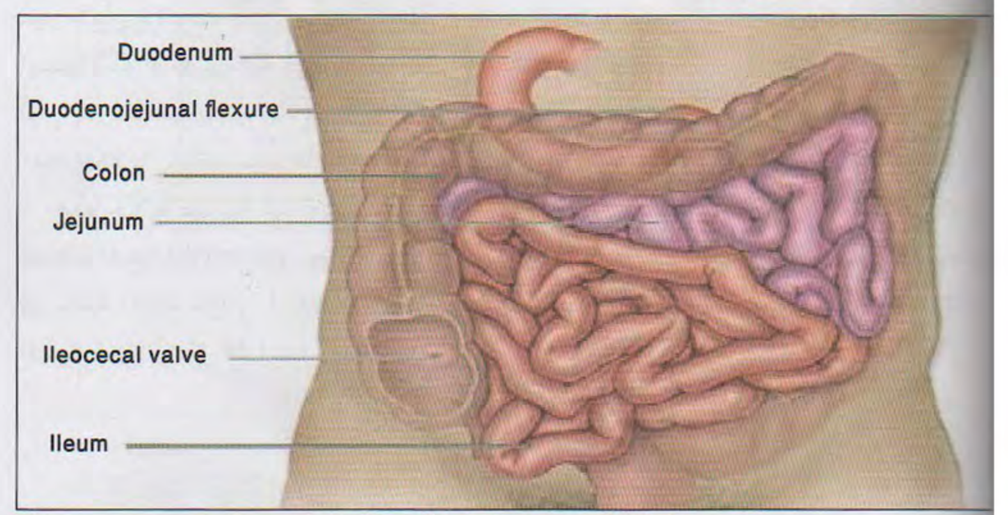
3.4 منطقة البوّاب Pylorous

تقع هذه المنطقة عند نهاية المعدة المتصلة بالإثني عشر، ويوجد فيها فتحات عميقة تصب فيها غدد ملتوية قصيرة. تفرز الغدد في هذه المنطقة **الإنزيم المفكك lysozyme** لجدر الخلايا البكتيرية، إضافة إلى هرمون **جاسترين gastrin** الذي يحفز إفراز HCl من الخلايا الجدارية وهرمون **سوماتوستاتن somatostatin** الذي يثبط هذا الإفراز.

بالنسبة لبقية مكونات جدار المعدة، فإنها تشبه تلك الموجودة في بقية الأنبوب الهضمي. غير أن المنطقة العضلية تحتوي أليافاً تتجه في ثلاثة اتجاهات. ففي الطبقة الخارجية تكون طولية، وفي الداخلية تكون مائلة، أما في الوسطى فتكون دائرية. وكذلك تتغلظ الألياف العضلية في المنطقة الوسطى لتكوّن العضلة **العاصرة البوابية pyloric sphincter** التي تتحكم بخروج الغذاء من المعدة إلى الإثني عشر.

5 الأمعاء الدقيقة Small Intestine

تشكل الأمعاء الدقيقة أنبوباً كثير الالتواء، يبلغ طوله حوالي ستة أمتار وقطره حوالي 2.5 سم. وتتكون هذه الأمعاء من ثلاثة أجزاء هي: **الإثنا عشر duodenum** ، **والصائم jejunum**، واللفائفي **ileum** (شكل 20).



(**شكل** 20) رسم يبين مكونات الأمعاء الدقيقة

يساعد طول الأمعاء الدقيقة في زيادة الاحتكاك بين الغذاء الذي تحتويه وإنزيمات الهضم، إضافة إلى إتاحة المجال أمام الخلايا الإمتصاصية التي تبطن الأمعاء الدقيقة كي تقوم بوظيفتها على أفضل وجه. ونظراً لأن الأجزاء الثلاثة المكونة للأمعاء الدقيقة متشابهة من حيث التركيب النسيجي، فإننا سنعالجها كجزء واحد، وسنبرز ما هو خاص بكل منطقة عند اللزوم.

1.5 الطبقة المخاطية Mucosa

عند فحص بطانة الأمعاء الدقيقة بالعين المجردة تظهر عدة **ثنايا دائرية plicae circulares**. وفي حين تكون هذه الثنايا كثيرة جداً في الصائم فإنها لا تشكل صفة مميزة في الإثني عشر واللفائفي. كذلك تظهر على سطح البطانة **خملات villi** (شكل 21)، وهي بروزات يتراوح طولها بين 0.5-1.5 ملم، وتمتد باتجاه تجويف الأمعاء. وتتخذ هذه الخملات شكلاً ورقياً

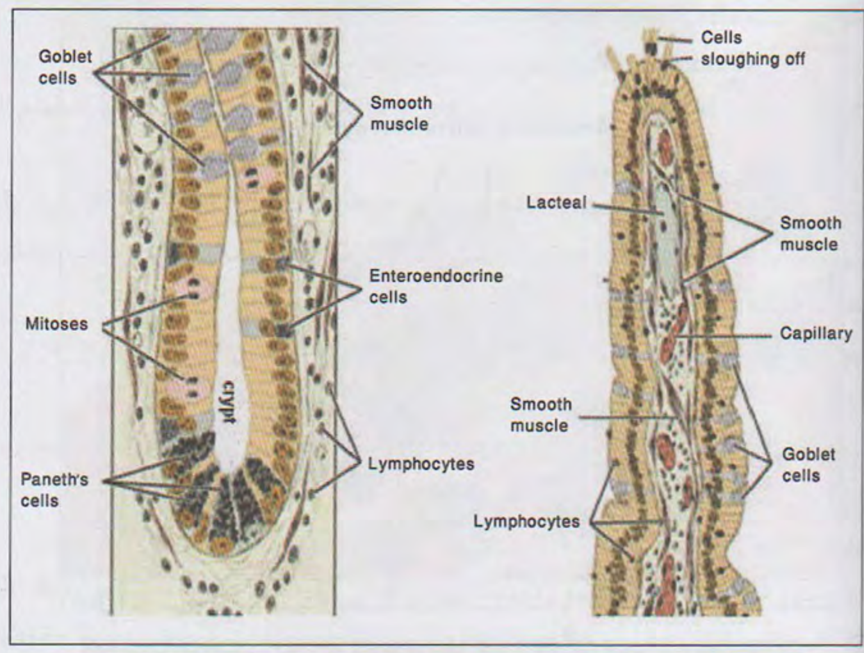
في الإثني عشر، وتتحول تدريجياً إلى شكل اصبعي باتجاه اللفائفي. وتزيد الخملات المسا
السطحية للأمعاء حولي 10 مرات، وتظهر بينها انغمادات لغدد أنبوبية بسيطة تسمى سراد
crypts (شكل 22.21). ويتصف النسيج الطلائي المبطن لجدار الأمعاء الدقيقة بوجود خلا
غيرمتمايزة undifferentiated cells وخلايا امتصاصية absorptive cells وخلايا كأسية -b
let cells (شكل 21 - 23) **وخلايا بنث Paneth cells، وخلايا معوية صم teroendocrine**
cells(شكل 21). ونعالج فيما يلي هذه الأنواع من الخلايا.

أ. الخلايا غير المتمايزة Undifferentiated Cells

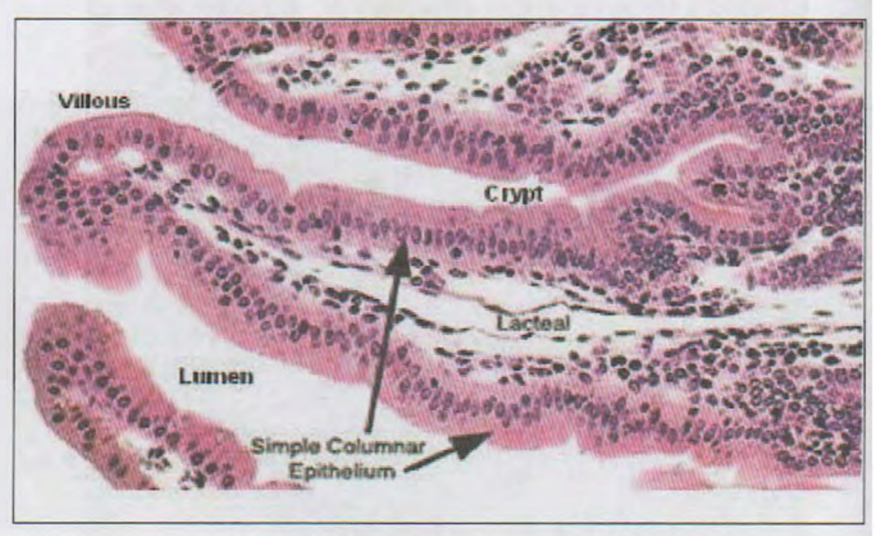
تتعرض بطانة الأنبوب الهضمي لاحتكاكات متواصلة بالغذاء الذي يتعرض للهضم في الم
والأمعاء الدقيقة، ونتيجة لذلك تتساقط خلاياها ولا بد من تعويضها. وتقوم بهذه المهمة خلا
غير متمايزة تنقسم باستمرار (شكل 21)، وتدفع الخلايا الوليدة لتحل محل ما يفقد من خلا
امتصاصية أو كأسية. تجدر الملاحظة إلى أن خلايا بطانة الأمعاء تعيش لفترة تتراوح بين 3
أيام، ثم تتساقط بعد ذلك.

ب. الخلايا الامتصاصية Absorptive Cells

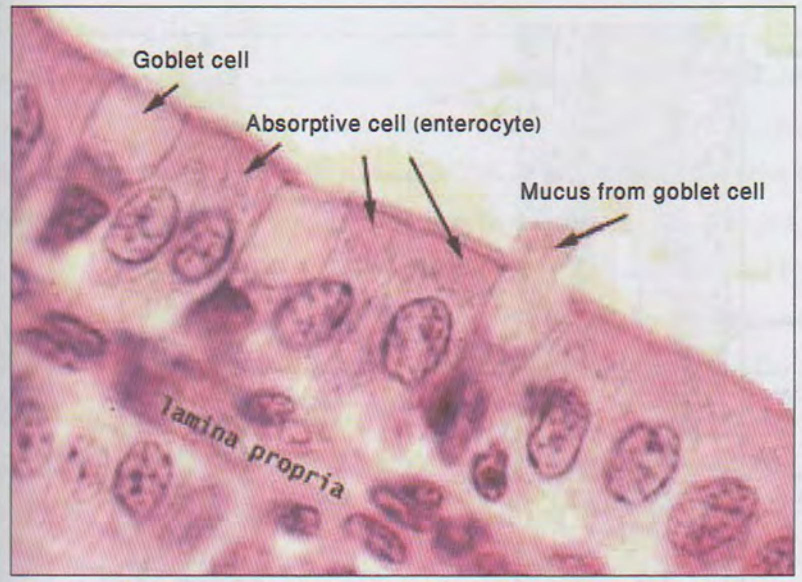
هذه خلايا عمادية لها نوى بيضوية قاعدية، وتحمل عند قممها بروزات دقيقة جداً تد
خملات دقيقة microvilli محاطة بغشاء ويتكون لبّها من خييطات أكتين (شكل 24). ويبلغ ط
كل خملة دقيقة حوالي 1 μm ويكون قطرها حوالي 0.1 μm. وتحتوي هذه الخلايا وفرة
الميتوكوندريا (شكل 24).



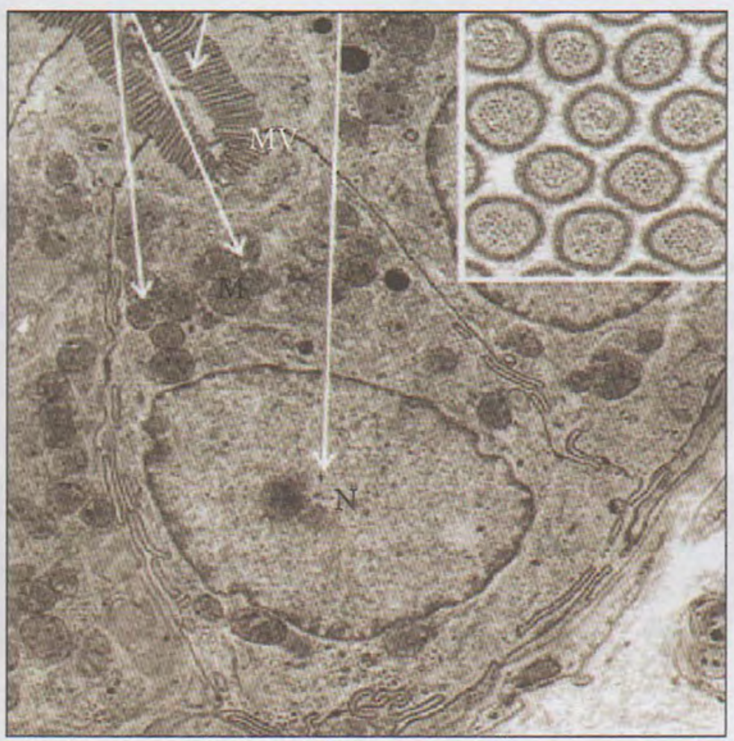
(**شكل** 21) رسم يبين أنواع الخلايا المبطنة للخملات. لاحظ لب الخملة (يمين) وما تحتويه من شعيرات دموية ولواين وألياف عضلية. كذلك لاحظ خلايا بانث والخلايا غير المتمايزة (يسار) التي تظهر في مرحلة انقسام



(**شكل** 22) صورة مجهرية ضوئية لإحدى خملات الأمعاء



(**شكل** 23) صورة مجهرية ضوئية تظهر الخلايا الكأسية والخلايا الامتصاصية في الأمعاء الدقيقة



(**شكل** 24) صورة مجهرية إلكترونية لخلية امتصاصية في بطانة الأمعاء الدقيقة. لاحظ وفرة الخملات الدقيقة التي تظهـ
في الزاوية العليا اليمنى بمقاطع عرضية و فيها خييطات دقيقة. M= ميتوكوندريا، MV= خملات دقيقة ، N= نواة

ج. الخلايا الصم Enteroendocrine Cells

يحتوي جدار الأمعاء الدقيقة خلايا صم تفرز هرمونات مختلفة، مثل:

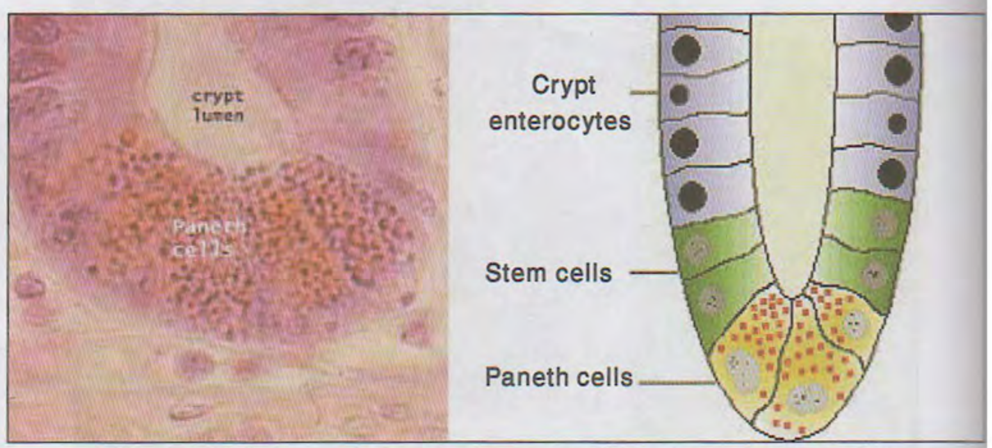
1. سِكْرِتين secretin الذي يحفز البنكرياس لإفراز مادة قلوية تقلل من حامضية الطعام القادم من المعدة.
2. المنشط للمرارة (كول ستوكاينين) cholecystokinin المنشط لانقباض المرارة وإطلاق الصفراء bile لاستحلاب الدهنيات، ويعمل هذا الهرمون على حفز إفراز إنزيمات البنكرياس.
3. المحرّك motilin الذي ينشط حركة الأمعاء الدقيقة.
4. الببتيد المتعدد المثبط للمعدة gastric inhibitory polypeptide، الذي يكبح إفراز حمض HCl.
5. شبيه جلوكاجون glucagon- like sbstance، ويحفز تفكيك جلايكوجين في الكبد وبالتالي يزيد من منسوب السكر في الدم.

د. الخلايا الكأسية Goblet Cells

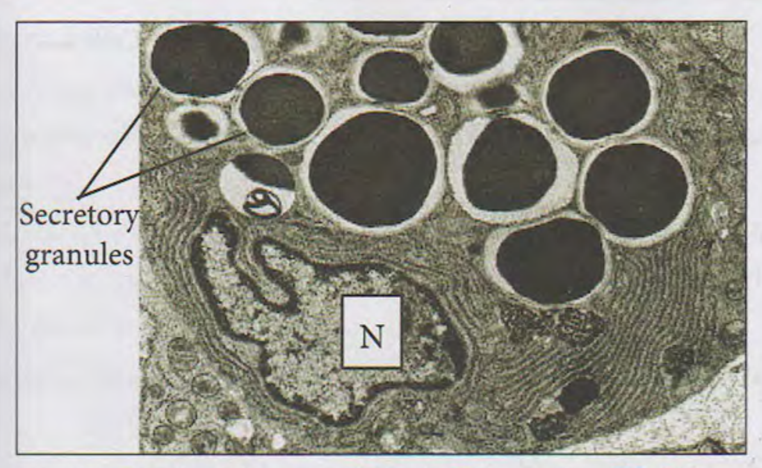
تتوزع هذه الخلايا بين الخلايا الامتصاصية (شكل 23،21)، وهي أكثر شيوعاً في اللفائفي منها في الصائم والإثني عشر، وتقوم هذه الخلايا بإنتاج بروتينات كربوهيدراتية مخاطية تليّن وتحمي بطانة الأمعاء.

هـ. خلايا بانث Paneth Cells

توجد هذه الخلايا في قواعد غدد الأمعاء، وتفرز إنزيمات تفكك الجدر الخلوية للبكتيريا، وتحتوي هذه الخلايا شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة (شكل 25، 26).



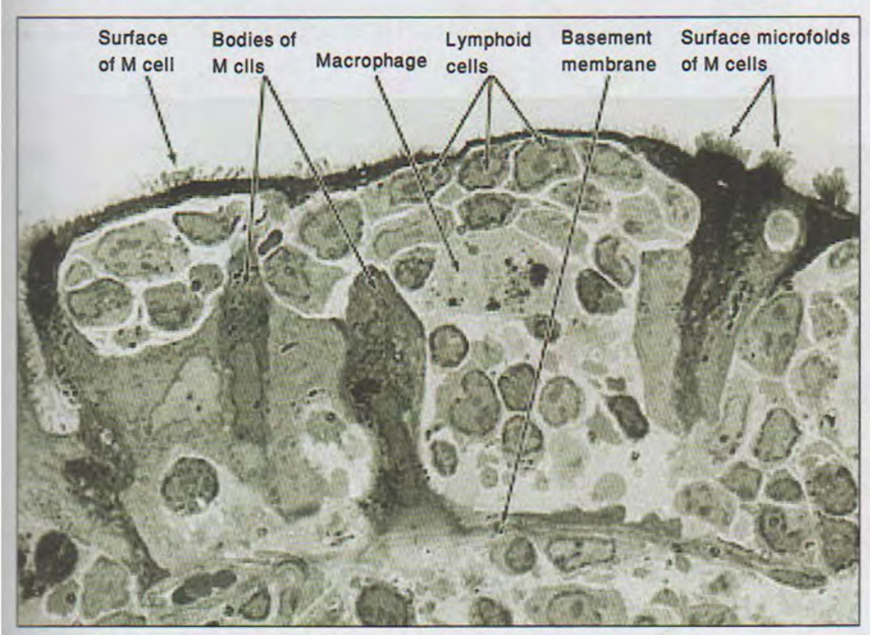
(شكل 25) رسم يبين خلايا بانث في قاعدة غدة معوية (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لهذه الخلايا



(**شكل** 26) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية بانث. لاحظ الحبيبات الإفرازية والشبكة الإندوبلازمية الخشنة والنواه N.

و. الخلايا الطلائية الغشائية Membraneous (M) Epithelial Cells

هذه خلايا طلائية تطل على الحوصلات اللمفاوية في **بقع باير Peyer's patches**، ولها انغمادات جانبية ورأسية تكوّن حفراً تحتوي خلايا لمفاوية (شكل 27)، وتلتقط هذه الخلايا تسمى خلايا M، مولدات الضد وتقدمها للخلايا اللمفاوية التي تنتقل بدورها إلى العقد اللمف حيث يتم تفكيكها.

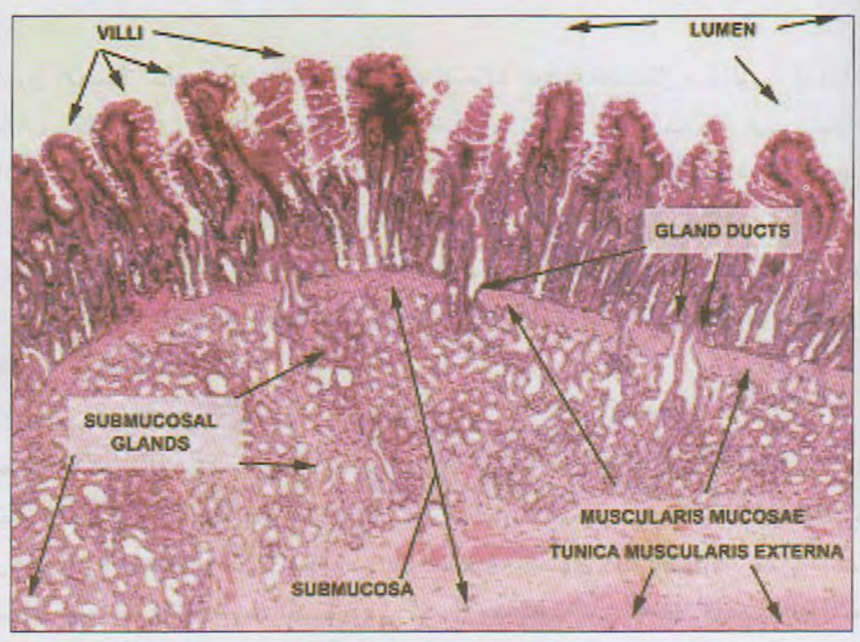


(**شكل** 27) صورة مجهرية ضوئية لخلايا M. لاحظ ثنايا وانغمادات هذه الخلايا

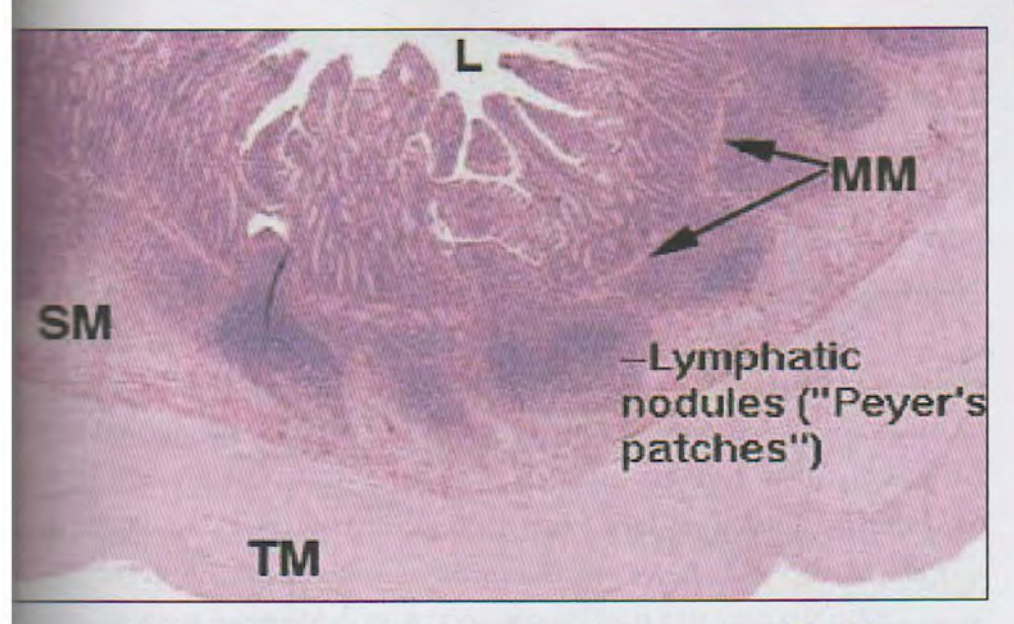
2.5 بقية طبقات جدار الأمعاء الدقيقة

تتشكل الصفيحة المخصوصة من نسيج ضام طري غني بالأوعية الدموية والأوعية اللمفاوية والأعصاب والخلايا العضلية الملساء. ويوجد تحت الصفيحة القاعدية طبقة من الخلايا اللمفاوية المنتجة للأجسام المضادة، إضافة إلى خلايا أكولة كبيرة، وتشكل بذلك حاجزاً مناعياً ضد الأجسام الغريبة. وتخترق الصفيحة المخصوصة لب خملات الأمعاء، وتحمل معها الأوعية اللمفاوية والدموية والأعصاب والخلايا العضلية الملساء، وتقوم الخلايا الأخيرة بتحريك الخملات وهذا ما يزيد في كفاءة عملية الامتصاص.

وفي الجزء الأول للإثني عشر تحتوي الطبقة تحت المخاطية تجمعات **غدد تحت المخاطية submucosal glands** أو **غدد برونر Brunner's glands** (شكل 28). وتطلق هذه الغدد مادة قلوية تقي الغشاء المخاطي للأمعاء من تأثيرات الحامض المفرز في المعدة. كذلك تهيئ هذه المادة وسطا بدرجة حموضة مناسبة لعمل إنزيمات البنكرياس. وفي **اللفائفي ileum** تحتوي الطبقة تحت المخاطية تجمعات لعقيدات لمفاوية تسمى **بقع باير Peyer's patches** (شكل 29)، وتظهر كل بقعة كمنطقة مقببة تغطى بخلايا M. أما الطبقة العضلية، فهي داخلية دائرية وخارجية طولية، ويوجد بين الطبقتين نسيج عصبي (شكل 31).



(**شكل** 28) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في الإثني عشر. لاحظ غدد برونر (الغدد تحت المخاطية) التي تحتل قسما كبيرا من الطبقة تحت المخاطية



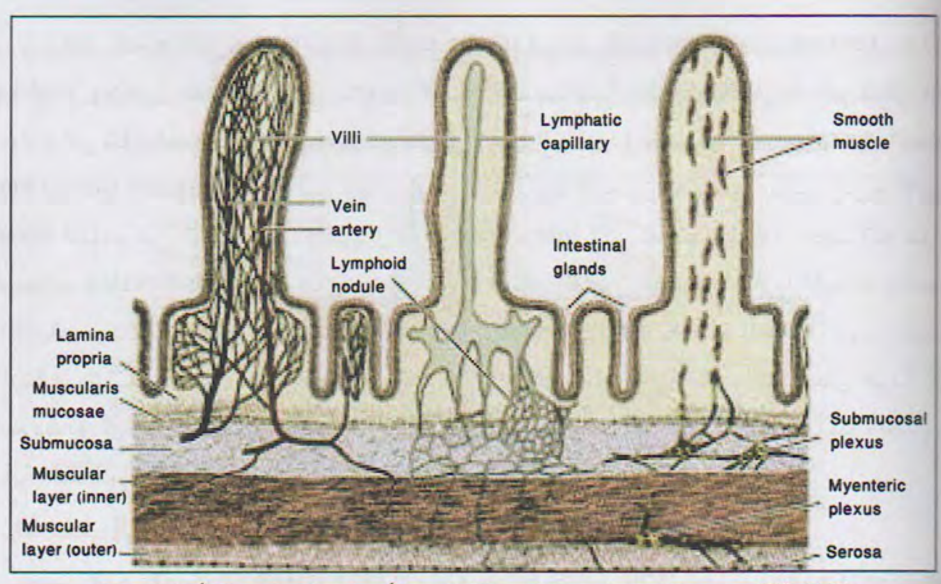
(**شكل** 29) صورة بالمجهر الضوئي لمقطع عرضي في اللفائفي تبين بقع باير. لاحظ التجويف (L) والعضلية المخاطية (MM) وتحت المخاطية (SM) والطبقة العضلية (TM).

3.5 أوعية الأمعاء الدقيقة

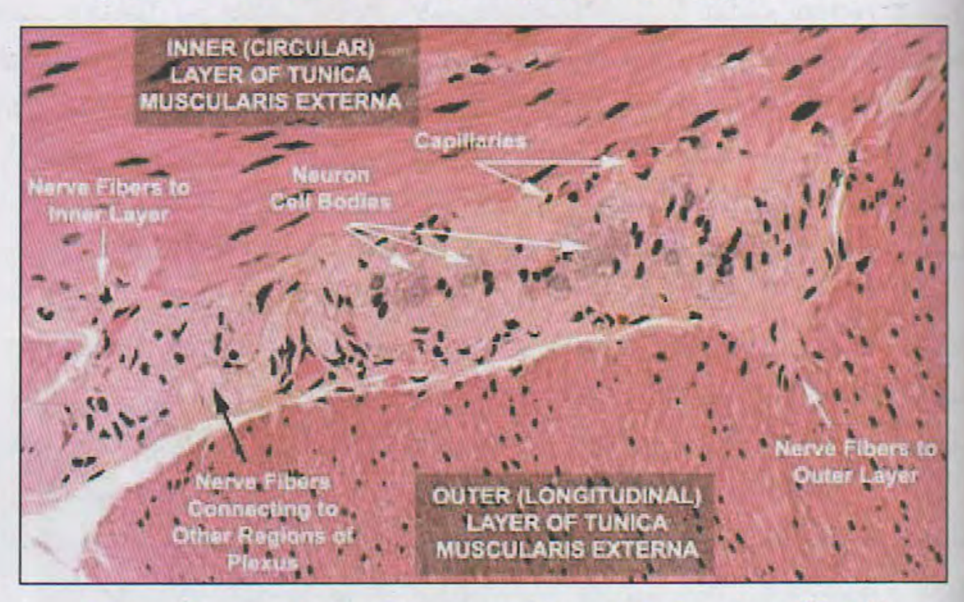
تخترق الأوعية الدموية التي تغذي الأمعاء ، المنطقة العضلية لتشكل ضفائر في الطبقة تحت المخاطية (شكل 30). وتمتد من هذه الضفائر تفرعات تستقر في الخملات، حيث تشكل هناك شعيرات شبكية تحمل نواتج هضم السكريات والبروتينات. وعند طرف كل خملة، تخرج من شبكة الشعيرات وريّدات تمتد بعيداً باتجاه أوردة في المنطقة تحت المخاطية. ويوجد في لب كل خملة أوعية لمفاوية، تدعى **اللوابن lacteals**، تتجه نحو الطبقة تحت المخاطية حيث تحيط بعقيدات لمفاوية (شكل 30). وتتشابك هذه اللوابن ثم تخرج من الأمعاء مع الأوعية الدموية لتحمل معها نواتج هضم الدهون.

4.5 إعصاب الأمعاء الدقيقة

تعصب الأمعاء الدقيقة بأعصاب تكوّن **ضفيرة أورباخ Auerbach's plexus** بين الطبقتين العضليتين الخارجية الطولية والداخلية الدائرية في جدار الأمعاء (شكل 31). كذلك توجد ضفيرة **مايزنر Meissner's plexus** في المنطقة تحت المخاطية. وتحتوي هذه الضفائر بعض العصبونات التي تستلم معلومات عن الطبيعة الكيميائية لمحتوى الأمعاء. وتحتوي الأمعاء الدقيقة ألياف عصبية **نظير ودية parasympathetic** تفرز أستيل كولين ليحفز انقباض العضلات المعوية، إضافة إلى ألياف عصبية **ودية sympathetic** تطلق أدرنالين، الذي يثبط انقباض تلك العضلات.



(**شكل** 30) رسم يبين الدورة الدموية والدورة اللمفاوية والأعصاب والعضلات في الأمعاء الدقيقة.



(**شكل** 31) صورة مجهرية ضوئية تبين ضفائر عصبية بين الطبقتين العضليتين في جدار الأمعاء الدقيقة.

5.5 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة

بعد بدء هضم البروتينات في المعدة بفعل إنزيم ببسين، يستكمل هذا الهضم في الأمعاء الدقيقة بإنزيمات **تربسين trypsin**، و**كايموتربيسين chymotrypsin**، و**كاربوكسي ببتيديز carboxy peptidase** القادمة من البنكرياس. ويتعزز الأمر بإنزيمات **ببتيديز الثنائية dipeptidase** التي تنهي عملية هضم البروتينات إلى أحماض أمينية.

يستكمل هضم الكربوهيدرات في الأمعاء الدقيقة بفعل إنزيمات **سُكريز sucrase** ومالتيز maltase **ولاكتيز lactase** التي تنتجها الغدد الإمتصاصية للأمعاء الدقيقة، ثم تنقل هذه النواتج إلى شعيرات دموية في الخملات، لتصل لاحقاً إلى أوردة تصب في **الوريد الكبدي البوابي hepatic portal vein**، حيث يتم معالجتها هنالك. أما الدهون، فتهضم بتأثير إنزيم **لايبيز lipase** القادم من البنكرياس، وبتسهيل من **الصفراء bile** التي تطلقها المرارة، حيث تتم عملية **استحلاب emulsification** الدهون. وتعبر نواتج هضم الدهون أغشية الخلايا المبطنة للأمعاء الدقيقة، حيث يعاد تصنيع **الجلسيريدات الثلاثية triglycerides** في تلك الخلايا. وبعد تغليفها بطبقة بروتينية نحيفة داخل أجسام جولجي، تنقل تلك الدهون المغلفة، والتي يطلق عليها الآن إسم **دقائق كيلوسية chylomicrons**، إلى **لوابن lacteals**، تصب في أوعية لمفاوية أكبر، تصل في نهاية المطاف إلى القلب.

6. الأمعاء الغليظة Large Intestine

تسمى هذه الأمعاء بـ **القولون colon**، ويبلغ طولها حوالي 150 سم. تبدأ هذه الأمعاء عند الصمام الفاصل بين **اللفائفي ileum** و**الأعور caecum**، وتنتهي بـ **المستقيم rectum**. ويتشكل القولون من جزء **صاعد ascending** وآخر **مستعرض transverse** وثالث **هابط descending** (شكل 32)، ويتسم بالصفات النسيجية التالية:

أ. يحتوي غدداً غنية بأعداد كبيرة من الخلايا الكأسية المخاطية (شكل 33) والخلايا الامتصاصية. والخلايا الأخيرة عمادية الشكل لها خملات دقيقة وقصيرة تزيد من كفاءة الأمعاء الغليظة في امتصاص الماء. أما الخلايا الكأسية فتنتج مادة مخاطية تلين بطانة الأمعاء الغليظة وتقلل من تهتكها.

ب. لا تحتوي البطانة أية ثنايا باستثناء الجزء الأخير (المستقيم)، حيث لا توجد خملات هناك.

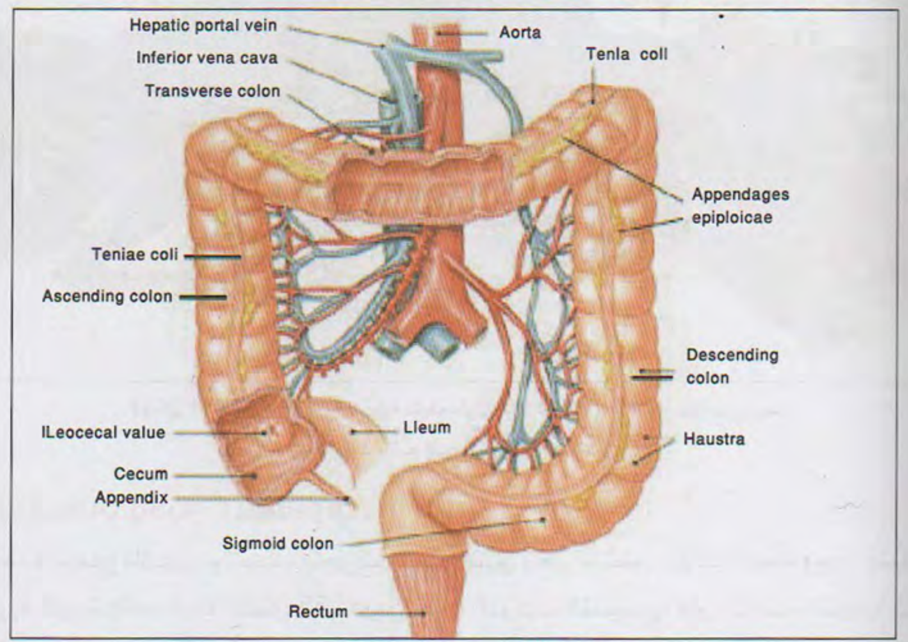
ج. الصفيحة المخصوصة غنية بالخلايا والعقيدات اللمفاوية التي غالباً ما تمتد في الطبقة تحت المخاطية. وتعود وفرة هذا النسيج اللمفاوي لوجود أعداد كبيرة من البكتيريا في الأمعاء الغليظة.

د. تتشكل الطبقة العضلية من ألياف طولية وأخرى دائرية. غير أن الألياف العضلية الطولية الخارجية تختلف عن مثيلاتها في الأمعاء الدقيقة، في كونها تنتظم في ثلاث حزم طولية غليظة تدعى **شرائط القولون teniae coli** (شكل 32، 33).

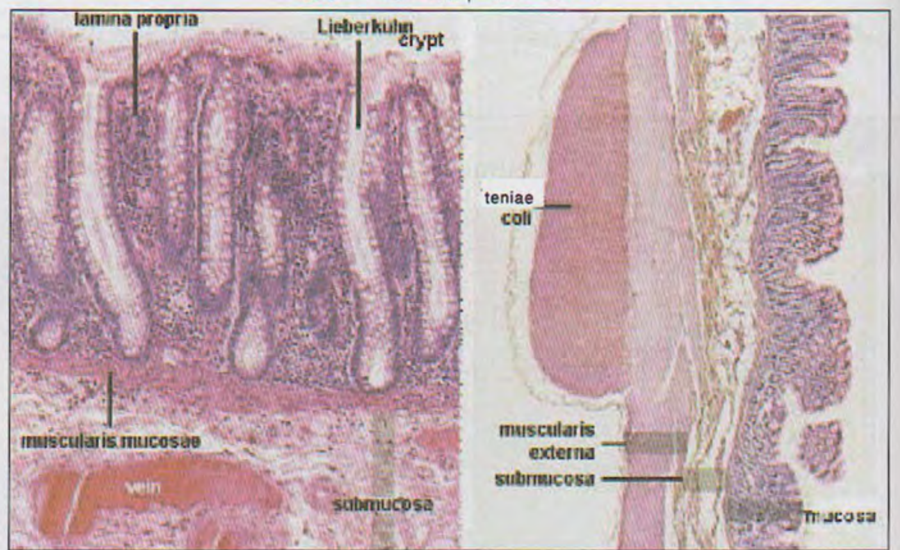
هـ. تظهر في الطبقة المصلية بروزات بندولية الشكل مكونة من نسيج دهني، تدعى **الزوائد التربية appendages epiploicae** (شكل 32).

و. يشكل الغشاء المخاطي في منطقة الشرج عدة ثنايا طولية تدعى **أعمدة مورجاجني الشرجية rectal columns of Morgagni**.

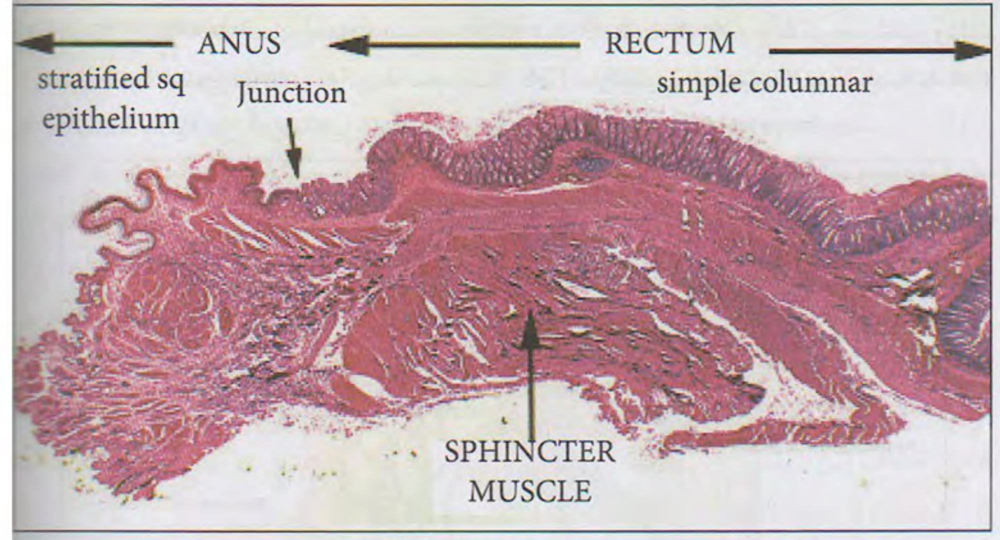
ز. تتحول البطانة من نسيج عمادي بسيط في المستقيم rectum إلى نسيج طبقي حرشفي وذلك قبل فتحة الشرج anus بحوالي 2 سم (شكل 34).. وتحتوي الصفيحة المخصوصة في هذه المنطقة جديلة من أوردة كبيرة يتأتى عن تمددها داء البواسير hemorrhoids.



(**شكل** 32) رسم يبين مكونات القولون



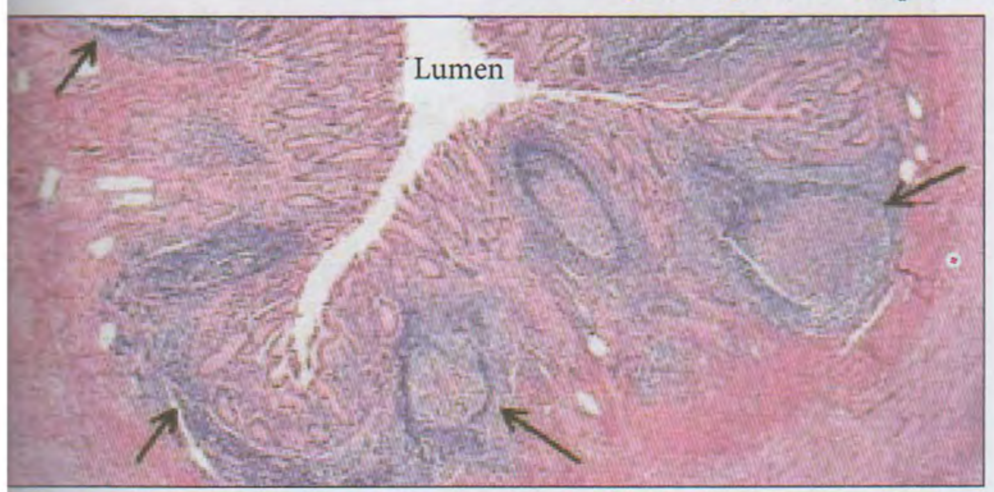
(**شكل** 33) صورة مجهرية ضوئية لمقطعين عرضيين في جدار القولون. لاحظ شريط القولون الذي يمثل أحد ثلاث حزم من الألياف العضلية الخارجية (يمين). كذلك، لاحظ الأعداد الكبيرة من الخلايا الكأسية في الطبقة المخاطية (يسار)



(**شكل** 34) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي تبين الانتقال من نسيج عمادي بسيط في نهاية المستقيم إلى نسيج طبقي في الشرج

7. الزائدة الدودية Vermiform Appendix

هذه انبعاج للأعور، وتتصف بتجويف صغير ضيق وغير منتظم، وذلك نتيجة وجود عقيدات لمفاوية كثيرة في جدارها (شكل 35). ومن حيث التركيب النسيجي، فإن الزائدة الدودية تشبه الأمعاء الغليظة، غير أنها تحتوي غدداً أقل وأقصر، ولا يوجد في جدارها شرائط قولونية. ونظراً لأن محتوى الزائدة الدودية لا يتجدد، فإنها غالباً ما تكون عرضة للالتهاب الذي قد يتطور إلى حد يؤدي إلى التهاب تجويف البطن.



(**شكل** 35) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في الزائدة الدودية. لاحظ العقيدات اللمفاوية (أسهم) التي تشغل الطبقة تحت المخاطية

8. تجدد بطانة الأنبوب الهضمي

نظرا للاحتكاك الدائم بين بطانة الأنبوب الهضمي والطعام الذي يمر فيه، فإن خلايا هذه البطانة تتعرض للتهتك المتواصل. ولتدارك عواقب هذا الأمر، تنشط الخلايا غير المتمايزة والمنتشرة على طول بطانة هذا الأنبوب وتنقسم باستمرار، ثم تكتسب تخصصا وظيفيا لتعويض ما يفقد من خلايا. وتقدر الفترة اللازمة لتجديد خلايا الأمعاء والأسطح العليا لغدد المعدة بـ 3-6 أيام. وهذا ما يفسر تعرض مرضى السرطان الذين يعالجون كيميائيا بمواد مثبطة لانقسام الخلايا إلى الإسهال وفقدان السوائل بسبب تهتك الخلايا وفقدان قدرتها الامتصاصية للماء والمواد الغذائية.

12

الفصل الثاني عشر

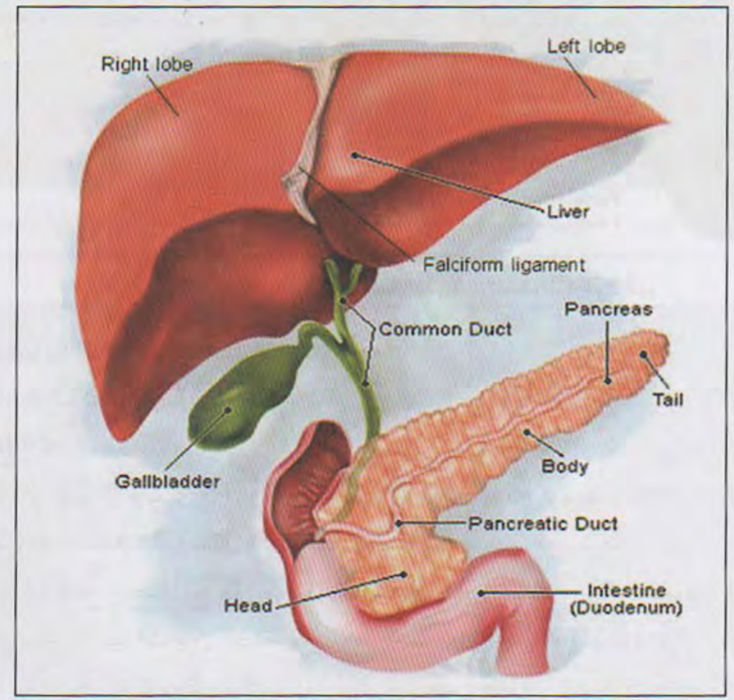
الأعضاء الملحقة بالأنبوب الهضمي

Organs Associated with The Digestive Tube

ذكرنا في الفصل السابق أن الجهاز الهضمي يشمل الأنبوب الهضمي وأعضاء أخرى مرتبطة به، وهذه الأعضاء هي: **الكبد liver**، **والبنكرياس pancreas** **والمرارة gall bladder** **والغدد اللعابية salivary glands**. ونعالج هذه الأعضاء في هذا الفصل، مبتدئين بالكبد.

1. الكبد The Liver

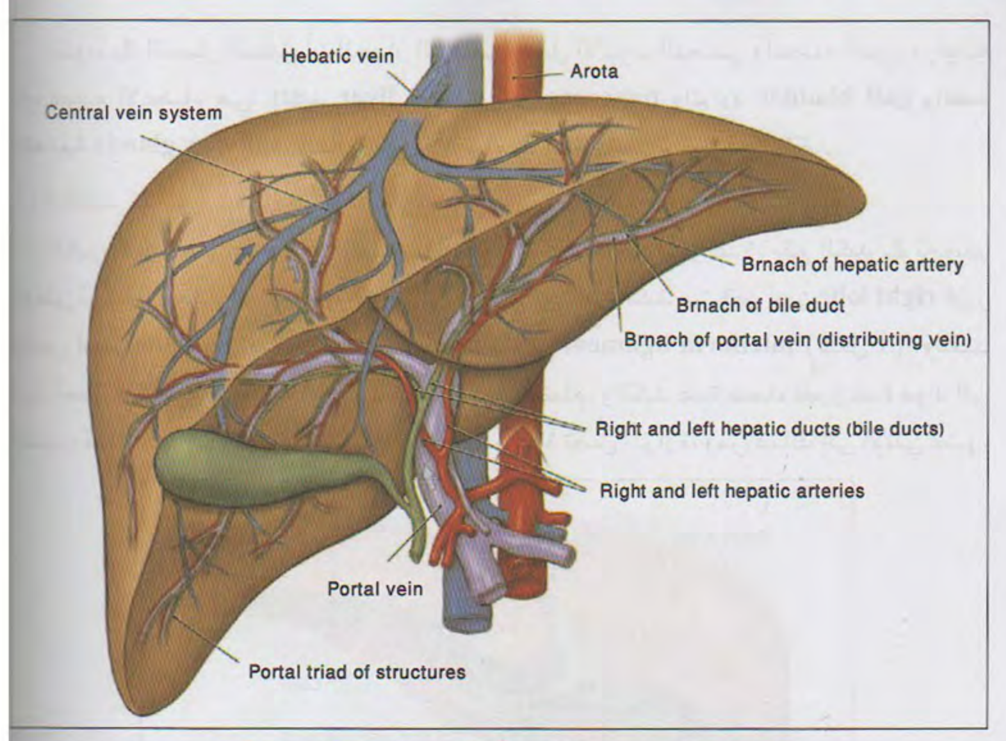
الكبد أكبر عضو في جسم الإنسان بعد الجلد، كذلك فهو أكبر غدة. يقع الكبد في تجويف البطن تحت الحجاب الحاجز، ويزن حوالي 1.5 كغ. ويتكون الكبد من **فص أيمن right lobe** كبير وفص **أيسر left lobe** أصغر يتصلان بـ **رباط منجلي falciform ligament** (شكل 1). وللكبد لون أحمر داكن، ويحاط بطبقة رقيقة من النسيج الضام. والكبد غدة صماء تفرز عدة مواد إلى الدم، وكذلك فهي غدة قنوية تطلق الصفراء عبر قناة تصل المرارة، ومن هناك إلى الإثني عشر.



(**شكل 1**) رسم يبين الكبد وعلاقته بالمرارة والبنكرياس والإثني عشر

1.1 التركيب

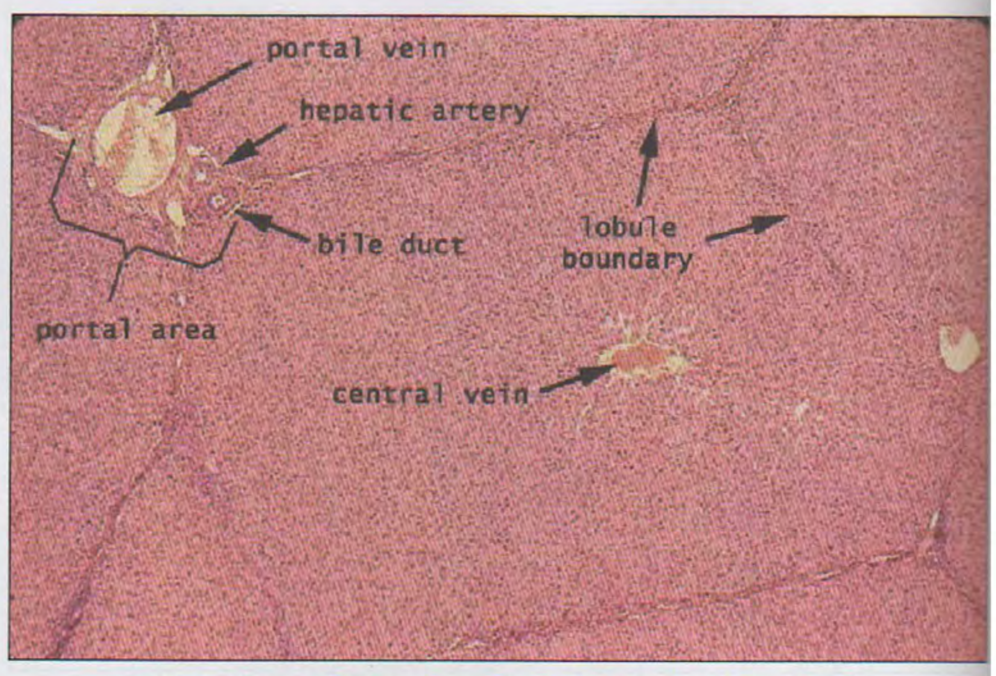
يغطى الكبد بكبسولة رقيقة تتغلظ عند **النقير hilum** حيث يدخل **الشريان الكبدي hepatic artery** **والوريد البابي portal vein**، وتخرج القنوات الكبدية والأوعية اللمفاوية (شكل 2). وتحاط هذه الأوعية والقنوات بنسيج ضام من بداياتها و حتى بلوغها **فصيصات الكبد liver lobules** التي تدعم بشبكة ليفية.



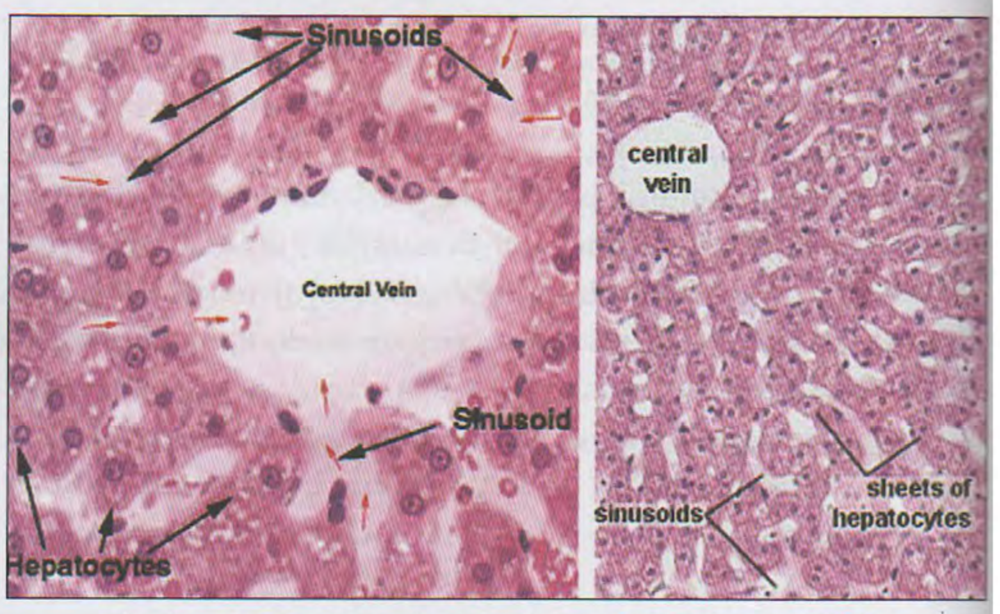
(**شكل** 2) رسم يبين علاقة الكبد بالأوعية الدموية الرئيسة والمرارة وقناتها

1.1.1 **فصيصات الكبد** Liver Lobules

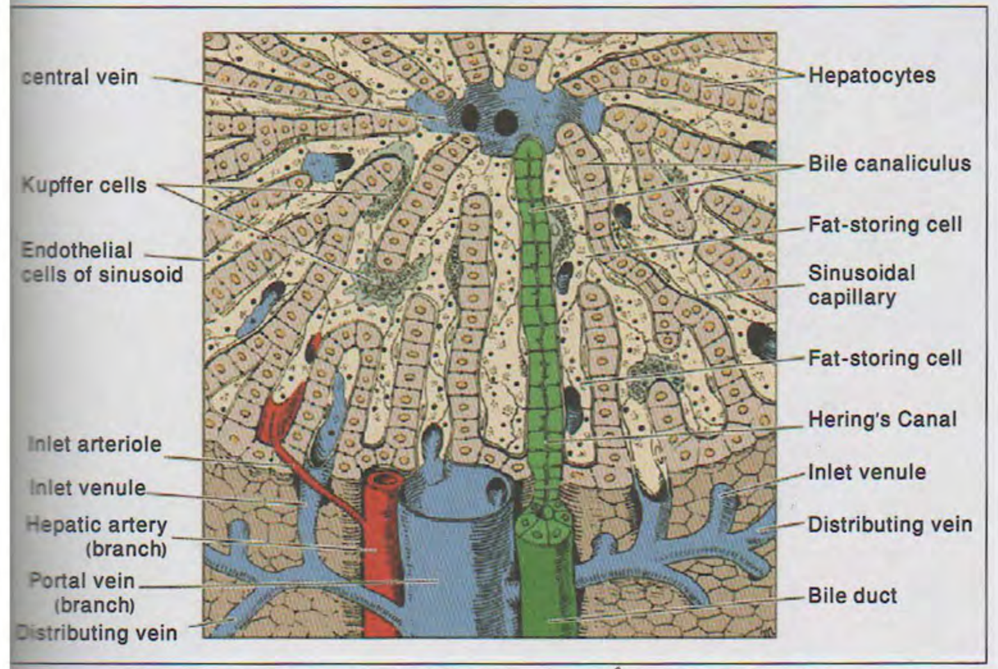
عند دراسة الكبد بالمجهر الضوئي، تظهر وحدات تركيب مكررة متعددة الأضلاع تدعى **فصيصات loubules**، قد تنفصل عن بعضها البعض بنسيج ضام، أو قد تكون متراصة يصعب فصلها، كما في الإنسان (شكل 3). والفصيص كتلة من **صفائح كبدية liver plates** تتكون من **خلايا كبدية hepatocytes** (شكل 4) تنتشر بطريقة شعاعية، بحيث تكوّن طبقات بسمك خلية أو اثنتين. وتتجه هذه الصفائح من محيط الفصيص إلى مركزه، وقد تتشابك لتكون تركيباً اسفنجياً. وتحتوي الحيزات بين الصفائح الكبدية **شعيرات جيبية sinusoids** (شكل 4). كما تحدثنا عنها في فصل سابق. وتوجد عند زوايا كل فصيص **حيزات كبدية portal spaces** تحتوي **ثالوثات بابية portal triads**، يتكون كل منها من **شريان كبدي hepatic artery**، ووريد بابي **portal vein** و**قناة صفراء bile duct** (شكل3-5)، وتحاط كل هذه التراكيب بغمد من النسيج الضام.



(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية تبين فصيصا كبديا، ويظهر في الشكل إحدى زواياه وفيها ثالوث بابي يحتوي شريان كبدي ووريد كبدي وقناة مرارة



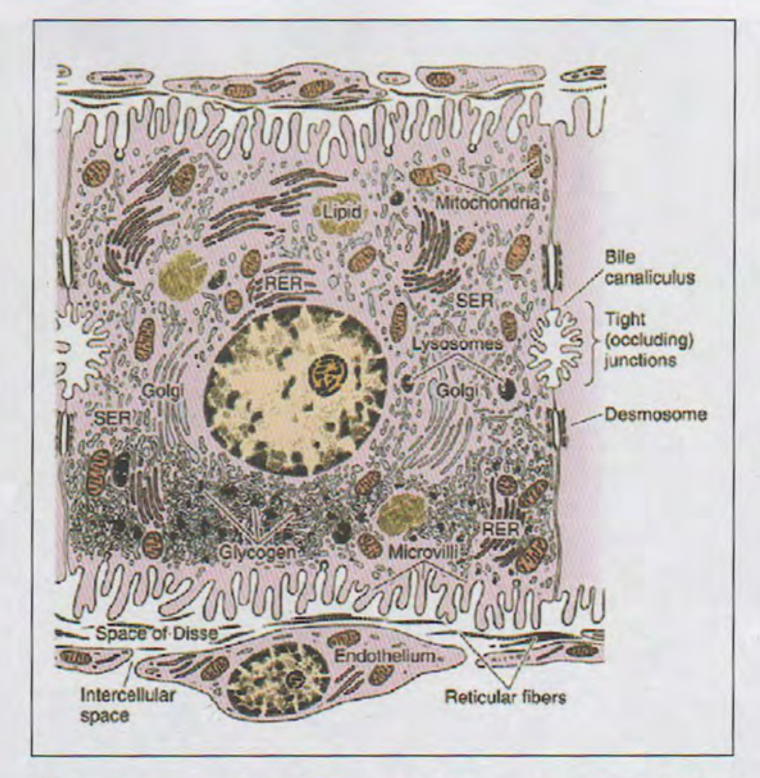
(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية لجزء من فصيص (يمين) وصورة مكبرة لمركز فصيص (يسار) يحتوي في وسطه وريد مركزي وتظهر حوله حبال من خلايا كبدية وشعيرات جيبية بشكل شعاعي.



(**شكل** 5) رسم يبين جزءاً من فصيص كبدي. لاحظ النظام الشعاعي لانتشار خلايا الكبد وشعيراته الجيبية حول الوريد المركزي إضافة إلى الأوعية الرئيسة

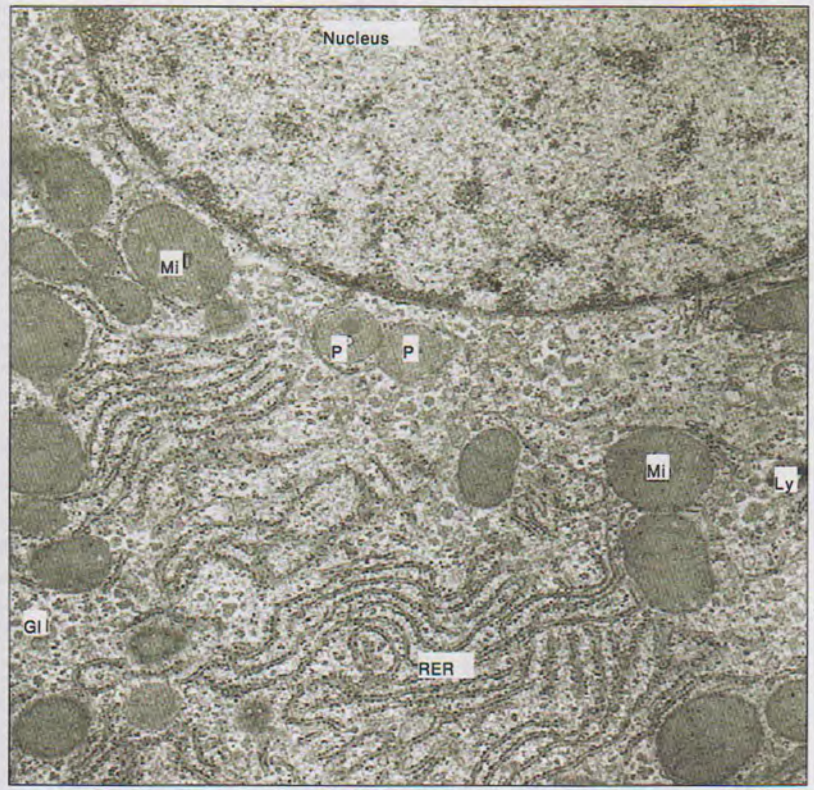
2.1.1 خلايا الكبد Hepatocytes

هذه خلايا متعددة الأضلاع، يتراوح قطرها بين 20 و30 µm، لها نواة ذات كروماتين منتشر وتحتوي أعدادا كبيرة من الميتوكوندريا التي يقدر عددها في الخلية الكبدية الواحدة بحوالي 2000 (شكل 6-7). ويصل عدد أجسام جولجي في الخلية الواحدة حوالي 50، وتساهم هذه الأجسام في تكوين الأجسام الحالة وإفراز البروتينات، مثل **ألبومن albumin**، وبروتينات كربوهيدراتية مثل **ترانسفرن transferrin**، وبروتينات دهنية مثل **البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة جداً very low density lipoproteins VLDL** . كذلك، تحتوي الخلية الكبدية شبكة إندوبلازمية وافرة، من النوعين الخشن والأملس (شكل 7.6). وتشكل الشبكة الخشنة تجمعات تساهم في تصنيع عدة بروتينات من أهمها **ألبومين albumin** **وموّلد فايبرن fibrinogen**، وتقوم الشبكة الملساء التي تنتشر في السيتوبلازم بعدة وظائف أبرزها الأكسدة والربط لتثبيط أو إزالة سمية بعض المواد قبل إخراجها من الجسم.



(**شكل 6**) رسم يبين التركيب الدقيق لخلية كبدية. RER= شكبة إندوبلازمية خشنة؛ SER= شبكة إندوبلازمية ملساء. لاحظ الأعداد الكبيرة من الميتوكوندريا وأجسام جولجي والكروماتين المنتشر في النواة وقنيات الصفراء بين الخلايا المتجاورة. كذلك، لاحظ وفرة الخملات الدقيقة على سطحي هذه الخلية.

يوجد في الخلية الكبدية نواة كروية أو إثنتين، تحتوي كل منها على نويّة أو إثنتين. ويحتوي سيتوبلازم الخلايا الكبدية كميات وافرة من **جلايكوجين glycogen** الذي يظهر على هيئة حبيبات خشنة داخل الشبكة الإندوبلازمية الملساء والخشنة (شكل 6، 7). ويعمل الجلايكوجين كمستودع للجلوكوز، حيث يقل أو يزداد في الخلايا الكبدية اعتماداً على نقصان أو زيادة تركيز الجلوكوز في الدم عن المستوى الطبيعي.



(**شكل 7**) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية كبدية تظهر شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة وعدة ميتوكوندريا (Mi) وحبيبات جلايكوجين (Gl) وكروماتين منتشر في النواة.

لخلايا الكبد أسطح حرة وأخرى متاخمة لأسطح خلايا مجاورة. وتحمل الأسطح الحرة عدة خملات دقيقة تطل على **حيز دسّي Space of Disse** (شكل 6) الذي يحتوي شعيرات جيبية وخلايا **كوبفر Kupffer cells** التي تفكك خلايا الدم الحمراء الهرمة، كما توجد خلايا مخزنة للدهون (شكل 5). ونظراً لأن جدر الشعيرات الجيبية مثقبة، فإن سوائل الدم ترشح عبر تلك الجدر لتصل مباشرة إلى أسطح الخلايا الكبدية لتسهل بذلك تبادل الجزيئات الكبيرة بين الدم وتلك الخلايا. فمثلاً، تضخ الكبد إلى الدم جزيئات هامة تشمل **مولد الفايبرن fibrinogen**، **وألبومن albumin**، **والبروتينات الدهنية lipoprotenis** . أما أغشية خلايا الكبد المتجاورة، فإنها تكوّن بينها **قنيات صفراء bile canaliculi** يتراوح قطرها بني 1-2 µm، ويوجد بين أغشية تلك الخلايا **روابط محكمة tight junctions** و **روابط فجوية gap junctions** تسمح بتبادل المواد بينها (شكل 6-8).



(**شكل 8**) صورة مجهرية إلكترونية لمنطقة اتصال بين خليتي كبد متجاورتين (C1 و C2) تشكل قنية صفراء (BC). لاحظ الأجسام الرابطة بين الخليتين (أسهم)، والخملات الدقيقة (رؤوس أسهم).

وتشكل القنيات المذكورة شبكة بين الصفائح الكبدية تنتهي في **الحيزات البابية portal spaces** في كل فصيص، وبذلك تتدفق الصفراء من مركز الفصيص إلى محيطه. وفي الموقع الأخير تدخل الصفراء **قناة هرنج Hering's cannal** ومنها تنتقل إلى **قنوات صفراء bile ducts** (شكل 5) في **الثالوثات البابية portal triads** ومن ثم إلى **قناتي الكبد hepatic ducts** اليمنى واليسرى (شكل 5).

3.1.1 تزود الكبد بالدم Blood Supply to Liver

يصل الدم إلى الكبد من مصدرين هما: **الوريد البابي portal vein** الذي يحمل دما قادماً من الأحشاء يكون غنياً بالمواد الغذائية وفقيراً بالأكسجين، **والشريان الكبدي hepatic artery** الذي ينقل دماً غنياً بالأكسجين (شكل 2)، وفيما يلي معالجة مبسطة للنظامين.

أ. **النظام الوريدي البابي Portal Vein System**: بالرجوع إلى (الشكل 5) يتبين لنا أن **الوريد البابي portal vein** يتفرع عدة مرات ليكوّن **وريدات بابية portal venules** تصل إلى الثالوثات البابية **portal triads**، وتتفرع تلك الأوعية إلى **أوردة موزعة distributing veins** تغطي محيط كل فصيص. وتنشأ من الأوعية الأخيرة **وريدات مدخلة inlet venules** تصب في **الشعيرات الجيبية sinusoids** التي تتوزع داخل الفصيص (شكل 5). وللوريد الأخير جدار رقيق جداً يتشكل من خلايا بطانية فقط تدعمها ألياف كولاجين مبعثرة. وبمروره في الفصيص يتسلم **الوريد المركزي central vain** المزيد من الشعيرات الجيبية ويزداد تغلظاً. ويخرج هذا الوريد من قاعدة كل فصيص حيث يندمج مع وعاء أكبر يسمى الوريد **تحت الفصي sublobular**. وتتقارب عدة أوردة تحت فصية وتندمج فيما بعد لتكوّن **وريدي كبد hepatic veins** أو أكثر، يصبان في **الوريد الأجوف السفلي inferior vena cava**.

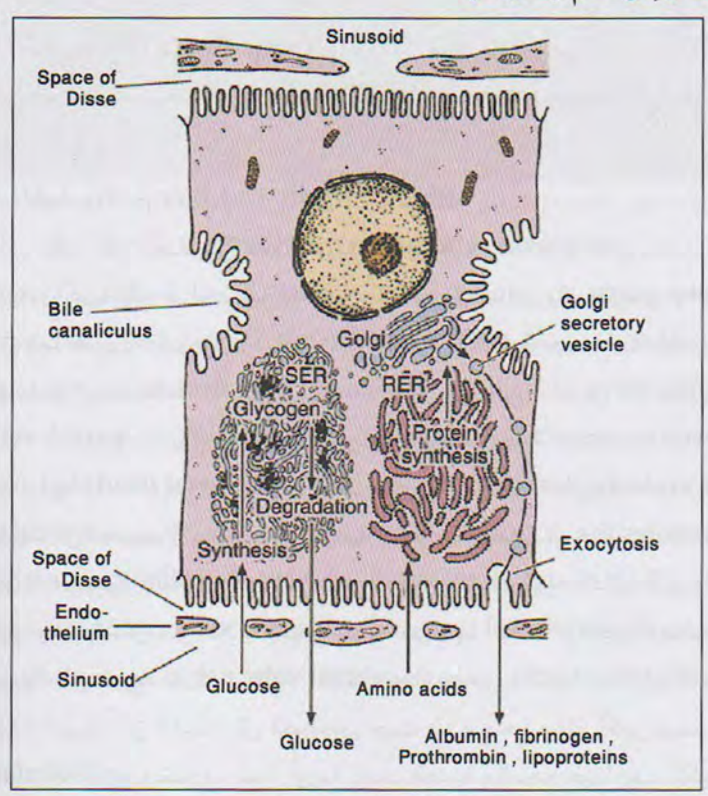
ب. النظام الشرياني Arterial System: يتفرع الشريان الكبدي عدة مرات ليكوّن **شرايين بين فصية intelobular arteries**، يصب بعضها في القنوات البابية بينما يكوّن بعضها الآخر **شريّنات مدخلة inlet arterioles** التي تصب مباشرة في الشعيرات الجيبية. وهكذا تصبح شعيرات الكبد أماكن تجميع الدم الشرياني والوريدي.

2.1 وظائف الكبد

خلايا الكبد من أكثر خلايا الجسم نشاطاً. فهي ذات نشاط غدي متنوع، إضافة إلى أنها تزيل سمية العديد من المواد. وفي ما يلي أبرز وظائف الخلايا الكبدية:

أ. تصنيع البروتينات

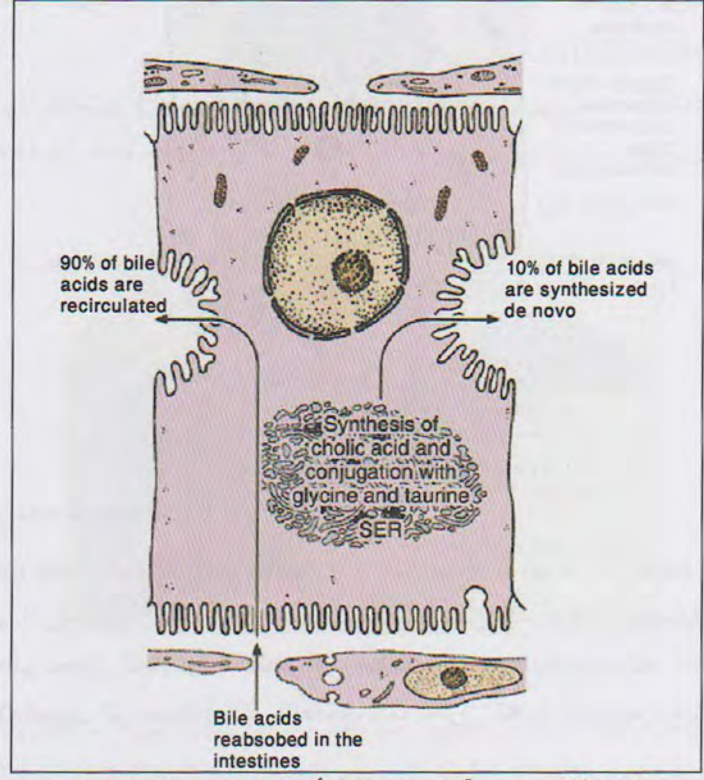
يصنع الكبد عدة بروتينات، يستعمل بعضها في الأنشطة الذاتية للكبد، ويرسل بعضها الآخر مثل **ألبومن albumin** و**بروثرومبن prothrombin** و**مولد فايبرن fibrinogen** و**البروتينات الدهنية lipoproteins** إلى بلازما الدم. وتصنع هذه البروتينات في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ثم تصدر إلى الدم (شكل 9).



(**شكل 9**) رسم يبين تصنيع البروتين وتخزين الكربوهيدرات في خلايا الكبد. لاحظ وفرة شبكتي RER و SER

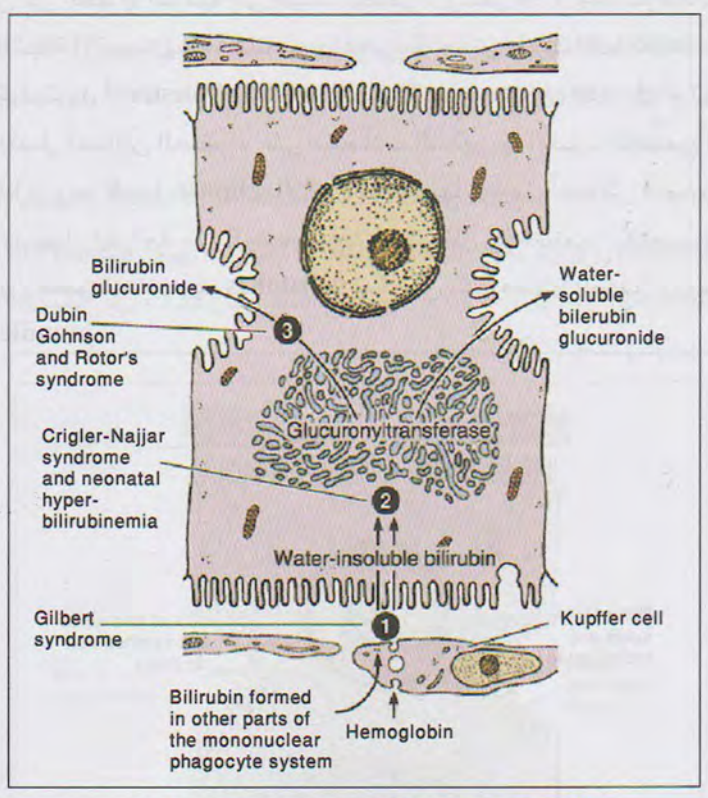
ب. إفراز الصفراء

تستلم خلايا الكبد حوالي 90% من **أحماض الصفراء bile acids** اللازمة لإنتاج الصفراء، وذلك من المواد التي تمتصها الأمعاء الدقيقة والتي تصل إلى الكبد عبر الوريد البابي، وتنتقل هذه الأحماض من الخلايا الكبدية إلى قنيات الصفراء (شكل 10). وتصنع 10% من أحماض الصفراء في الشبكة الإندوبلازمية الملساء، وذلك بربط **حمض كوليك cholic acid** (الذي يصنع في الكبد من **كولسترول cholesterol**) مع الحامض الأميني **جلايسين glycine** أو **تورين taurine** (شكل 10). وتعمل أحماض الصفراء على استحلاب الدهون في الأنبوب الهضمي لتسهيل عملية هضمها من قبل إنزيم **لايبيز lipase** وبالتالي امتصاصها. وتعمل أحماض الصفراء على إذابة الكوليسترول وتسهيل إخراجه من الجسم. وإذا حدث خلل في مستوى الكوليسترول، فإن ذلك يؤدي إلى تكوين **حصوات صفراوية gallstones** يمكن أن تسد مجرى الصفراء، وهي حالة تؤدي إلى **اليرقان jaundice**.



(**شكل** 10) رسم يبين آلية تصنيع وإفراز أحماض الصفراء في خلايا الكبد

وتقوم خلايا الكبد، عبر الشبكة الإندوبلازمية الملساء، بربط مادة **بايلي روبين bilirubin** التي تنشأ من تفكك الهيموجلوبين، بـ **حمض جلوكورونيك glucoronic acid** لتكوّن **بايلي روبين جلوكورونايد bilirubin glucuronide** الذي يذوب في الماء ويطلق إلى قنيات الصفراء (شكل 11). وإذا توقف إفراز الصفراء فإن المركب الأخير يتجمع في الدم وينتج عن ذلك اليرقان.



(**شكل** 11) رسم يبين آلية تصنيع وإفراز بايلي روبين جلوكورونايد.

ج. تخزين مواد كيميائية

يخزن الكبد بعض المواد كالدهون والسكريات التي يزداد تركيزها عن حاجة الجسم، وذلك بهدف تحويلها إلى مصادر طاقة عند الحاجة. واعتمادا على الحالة الفسيولوجية للجسم، تعمل خلايا الكبد على تحويل الجلوكوز الفائض إلى جلايكوجين حيث يتم تخزينه، كذلك تفكك هذه الخلايا الجلايكوجين إلى جلوكوز عند الحاجة، كما تخزن خلايا الكبد عدة فيتامينات أهمها فيتامين أ.

د. التحولات الأيضية

تحوّل خلايا الكبد بعض الدهون والأحماض الأمينية إلى جلوكوز، بواسطة عدة إنزيمات، وتعمل تلك الخلايا على إزالة مجموعات أمينو من الأحماض الأمينية، وينتج عن ذلك **يوريا urea** التي تطلق من الجسم عبر الكلية.

هـ. إزالة سمية وتثبيط بعض المواد

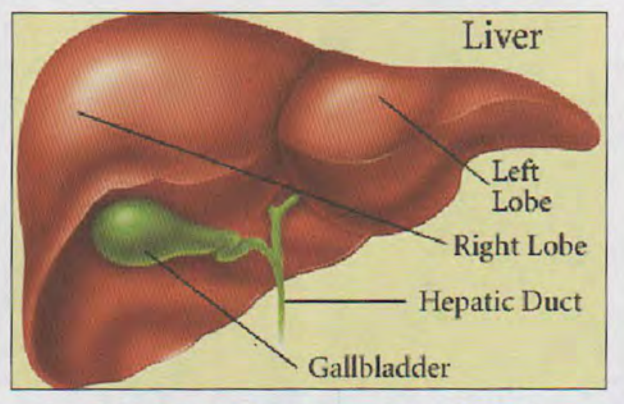
يقوم الكبد بإزالة سمية العديد من المواد الكيميائية وذلك بأكسدتها أو بربطها بمواد أخرى، أو بإضافة مجموعات **مثل methyl** إليها، وذلك بوساطة إنزيمات توجد في الشبكة الإندوبلازمية الملساء.

3.1 تجدد الكبد

لنسيج الكبد قدرة على التجدد، وذلك بتعويض ما يفقد من أجزائه نتيجة عملية جراحية أو حادث، وهذه القدرة محدودة في الإنسان. وعند تعرض نسيج الكبد للتلف، تحل أنسجة ضامة، وخاصة ألياف كولاجين، محل الخلايا الكبدية، ويصاب الكبد عندئذ بـ **التليّف cirrhosis**.

2. المرارة Gall Bladder

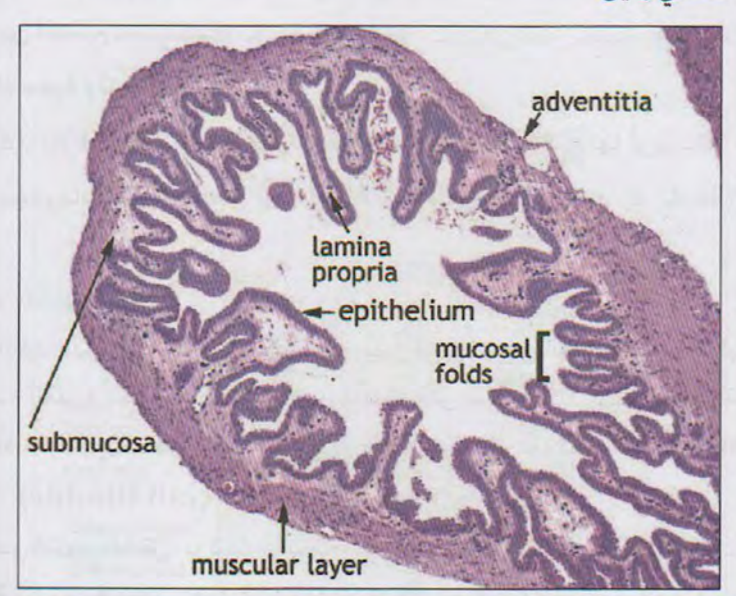
هذه عضو كمثريّ الشكل، يرتبط بالسطح السفلي للكبد (شكل 12). ويتشكل جدار المرارة من طبقة مكونة من نسيج طلائي عمادي بسيط إضافة إلى صفيحة مخصوصة وطبقة من العضلات الملساء، وغشاء مصلي خارجي (شكل 13، 14).



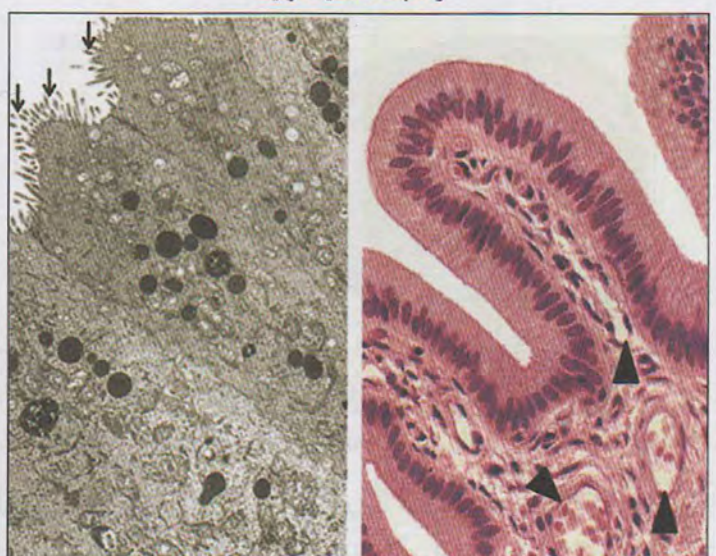
(**شكل** 12) رسم يبين العلاقة الموضعية بين الكبد و المرارة.

للطبقة المخاطية ثنايا عديدة، تحتوي خلاياها أعداداً كبيرة من الميتوكوندريا وتظهر على قممها خملات دقيقة وافرة (شكل 13، 14). وعند اتصال هذه الطبقة بقناة المرارة تنغمد لتكوّن غدداً **أنبوبية عنبية tubuloacinar glands** تفرز مادة مخاطية في مجرى القناة المذكورة.

والطبقة العضلية في المرارة رقيقة (شكل 13)، وتكون معظم خلاياها دائرية التنظيم. ويرتبط السطح العلوي للمرارة بالكبد بواسطة طبقة من النسيج الضام الكثيف، بينما يغطى السطح المقابل بغشاء مصلي رقيق.



(**شكل** 13) صورة مجهرية ضوئية لمقطع يبين جدار وتجويف المرارة. لاحظ ثنايا الطبقة المخاطية والطبقة العضلية الرقيقة



(**شكل** 14) صورة مجهرية ضوئية لإحدى ثنايا الطبقة المخاطية في جدار المرارة (يمين)، لاحظ وفرة الأوعية الدموية (راس سهم) في تحت المخاطية، وصورة مجهرية إلكترونية (يسار) تبين خملات دقيقة (أسهم) على أسطح خلايا المخاطية

تتمثل الوظيفة الأساسية للمرارة بتخزين وتركيز الصفراء ثم إطلاقها إلى منطقة الإثني عشر عند الحاجة. ويعتمد إطلاق الصفراء على انقباض عضلات المرارة عند حفزها بـ الهرمون المنشط للمرارة (**كول سيستوكاينن**) **cholecystokinin**، الذي تنتجه خلايا غدية في الأمعاء الدقيقة. ويعتمد هذا التنشيط على وجود مواد دهنية في هذه الأمعاء.

3. البنكرياس Pancreas

هذه غدة تتكون من جزء قنوي يفرز إنزيمات هضم تنتقل عبر قناة إلى الإثني عشر، حيث تهضم البروتينات والدهون والأحماض النووية، إضافة إلى جزء أصم يفرز هرموني **إنسولين insulin** و**جلوكاجون glucagon** اللذين يضبطان مستوى السكر في الدم.

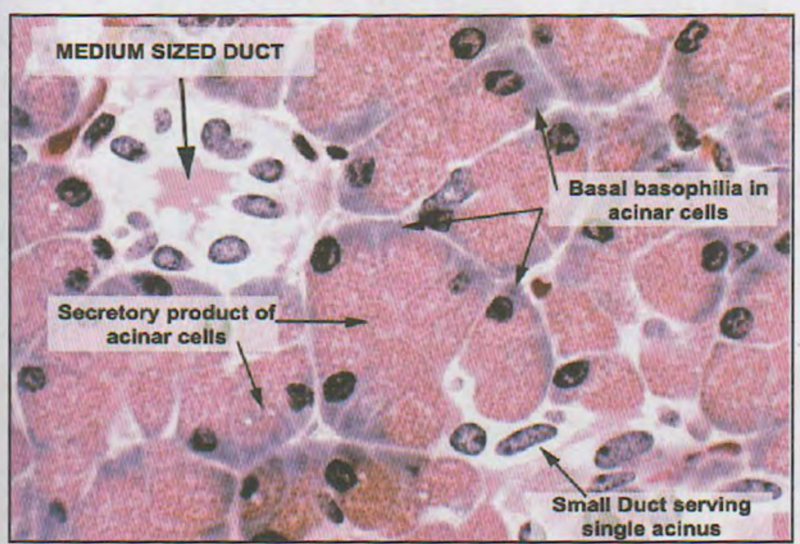
تحاط البنكرياس بكبسولة من نسيج ضام رقيق يمتد داخل هذه الغدة على هيئة فواصل تقسم البنكرياس إلى عدة **فصيصات lobules**، ويتكون كل فصيص من وحدات قنوية تدعى **عنيبات acini**، تنفصل عن بعضها بـ **جزر لانجرهانس islets of Langerhans** التي تفرز هرموني إنسولين وجلوكاجون إلى الدم مباشرة (شكل 16.15).



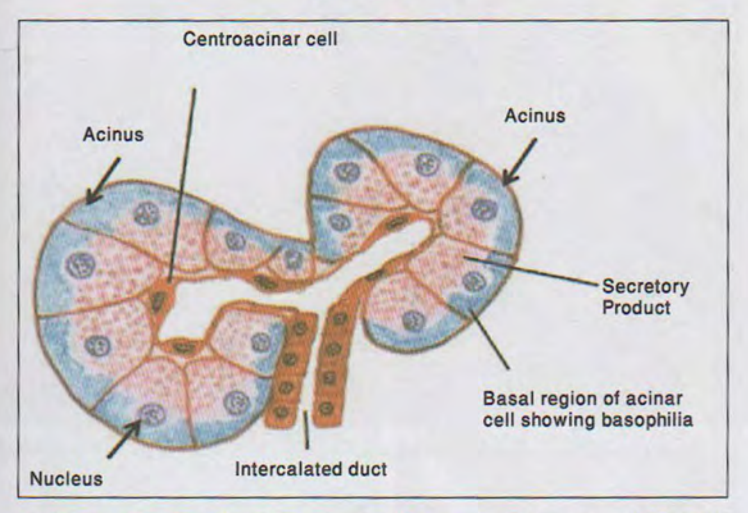
(**شكل** 15) صورة بالمجهر الضوئي لجزء من البنكرياس يظهر عدة عنيبات وجزر لانجرهانس

1.3 عنيبات البنكرياس Pancreatic Acini

تتكون كل عنيبة من عدة **خلايا مصلية serous cells** تحيط بتجويف (شكل 15-17). ولهذه الخلايا قطبية واضحة، فقاعدتها عريضة وفيها نواة كروية، وقمتها ضيقة، ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات تمثل الإنزيمات المفرزة (شكل 16). وكأي خلايا مفرزة لمواد بروتينية، تحتوي خلايا العنيبة شبكة إندوبلازمية خشنة وميتوكوندريا وافرة إضافة إلى أجسام جولجي متعددة.



(**شكل** 16) صورة بالمجهر الضوئي تظهر بعض العنيبات. لاحظ النوى القاعدية والإنزيمات المفرزة عند قمم الخلايا.



(**شكل** 17) رسم يبين الشكل الهرمي لخلايا العنيبات والقنوات التي تنقل الإنزيمات المفرزة التي تظهر عند قمم الخلايا.

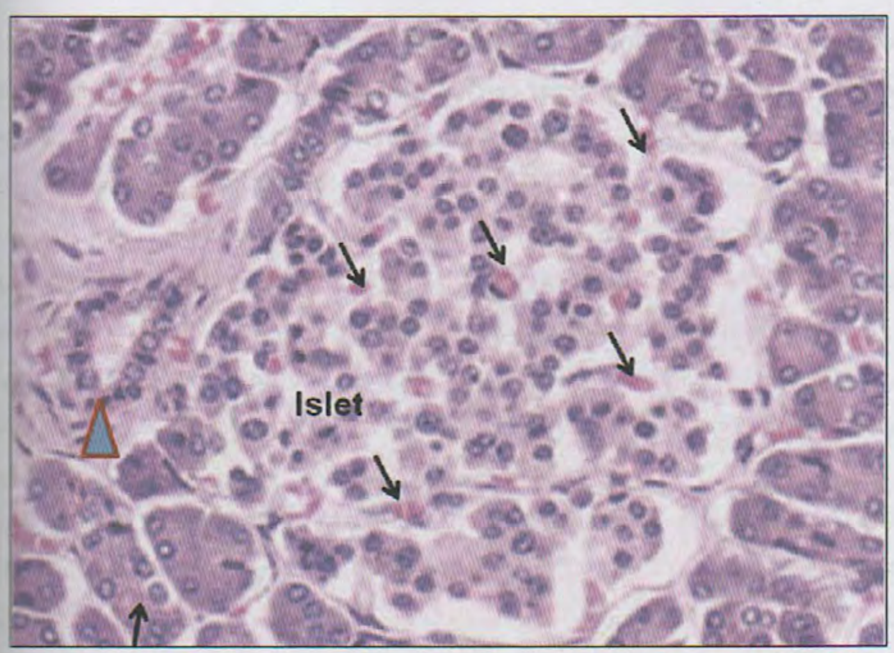
تصب العنيبة إفرازاتها في **قنوات مدخلة intercalated ducts** تبطنها خلايا مكعبة. وتخترق تلك القنوات تجويف العنيبة بـ **خلايا وسط عنيبة centroacinar cells** (شكل 17)، وتتجمع عدة قنوات مدخلة في **قنوات بين فصيصية interlobular ducts** كبيرة تبطنها خلايا طلائية عمادية تتخللها عدة **خلايا كأسية goblet cells**.

تفرز عنيبات البنكرياس الإنزيمات، **وسابقات الإنزيمات proenzymes** التالية: **مولد تريبسن trypsinogen** **ومولد كايموتريبسن chymotrypsinogen** **وكاربوكسي ببتديز carboxypeptidse** التي تهضم البروتينات، **ورايبونيوكلييز ribonuclease**، **وريبونيوكلييز منقوص الأكسجين deoxyribonuclease** التي تهضم RNA وDNA على التوالي، **ولايبيز li-pase** الذي يهضم الدهون، **والاستيز elastase** الذي يفكك الألياف المرنة في النسيج الضام، **وأميليز amylase** الذي يهضم السكريات المتعددة.

يخضع إفراز الأنزيمات المذكورة لعمل هرمون **سِكرتين secretin** **ومنشط المرارة cholecysto-kinin CCK** اللذين تفرزهما خلايا الإثني عشر، ويحفز الهرمون الأول خلايا البنكرياس لإفراز سائل قاعدي يعمل على تخفيف حامضية الطعام القادم من المعدة، وذلك حتى تتهيأ بيئة مناسبة لعمل إنزيمات البنكرياس. وينشط الهرمون الثاني إطلاق الصفراء من المرارة، ويساعد ذلك في **استحلاب emulsification** المواد الدهنية، وهذا ما يسهل عمل الإنزيم لايبيز. كذلك، فإن تحفيز البنكرياس بـ **العصب الحائر vagus nerve** يساعد في ضبط هذا الإفراز.

2.3 جزر لانجرهانس Islets of Langerhans

هذه تجمعات خلوية مطمورة في الجزء القنوي للبنكرياس (شكل 15، 18). ويبلغ عددها في بنكرياس الإنسان حوالي المليون، ويتراوح قطر كل منها بين 100 و200 μm . وتتكون كل جزيرة من خلايا تنتظم على شكل حبال تفصلها شعيرات دموية مثقبة (شكل 18). ويحيط بكل جزيرة كبسولة من ألياف شبكية تفصلها عن عنيبات البنكرياس. وباستعمال طرائق كيميائية مناعية، تمكن العلماء من تحديد أربعة أنواع خلوية في كل جزيرة، هي F. D. B. A التي تختلف في حبيباتها الإفرازية. ففي الإنسان، تكون الحبيبات في خلايا A منتظمة وذات لب داكن ومحيط فاتح. أما حبيبات خلايا B فهي غير منتظمة الشكل، ولها لب يتكون من بلّورات إنسولين غير منتظمة. وتشترك الأنواع الخلوية الأربعة في وفرة شبكتها الإندوبلازمية الخشنة وكثرة أجسام جولجي والميتوكوندريا.



(**شكل** 18) صورة مجهرية ضوئية تظهر جزيرة لانجرهانس محاطة ببعض العنيبات. لاحظ الشعيرات داخل الجزيرة (أسهم) والقناة المخططة بين العنيبات (رأس سهم)

تجدر الإشارة إلى أن نهايات أعصاب ودية **sympathetic** ونظير ودية **parasympathetic** تتصل اتصالا وثيقا بخلايا A، B، D وتعمل هذه الأعصاب على ضبط إفراز هرموني إنسولين وجلوكاجين. ويبين الجدول التالي أنواع الخلايا في جزر لانجرهانس وهرموناتها.

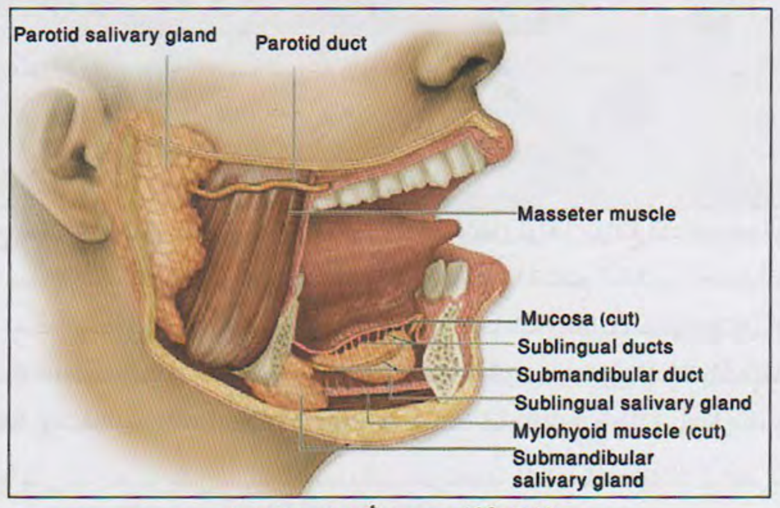
أنواع خلايا جزر لانجرهانس

نوع الخلية	النسبة	الموقع	الهرمون المفرز	وظائف الهرمون
A	20%	محيطي	جلوكاجون Glucagon	رفع مستوى جلوكوز الدم وتفكيك جلايكوجين والدهون لتكوين جلوكوز في عدة أنسجة.
B	70%	مركزي	إنسولين Insulin	تخفيض مستوى جلوكوز في الدم وتحويله إلى جلايكوجين في عدة أنسجة وخاصة الكبد
D	5%	متنوع	سوماتوستاتن Somatostatin	منع إفراز الهرمونات الأخرى
F	نادر	متنوع	ببتيد متعدد	غير محدد

4. الغدد اللعابية Salivary Glands

هذه ثلاثة أزواج من الغدد القنوية التي تفتح في تجويف الفم والتي تفرز اللعاب الذي يؤدي عدة وظائف سنتحدث عنها لاحقا. وهذه الغدد هي: **النكفية parotid**، **وتحت الفكية submandibular** **وتحت اللسانية sublingual** (شكل 19).

تحاط هذه الغدد بكبسولة من نسيج ضام غني بألياف كولاجين، وينشأ من هذه الكبسولة **فواصل septae** تمتد داخل الغدد لتقسيمها إلى عدة **فصيصات lobules**. وتدخل الغدد عدة أعصاب وأوعية دموية تتفرع في تلك الفصيصات لتحيط بالأجزاء الإفرازية والقنوية للغدة. وتتكوّن هذه الغدد من نوعين من الخلايا الإفرازية هما: **المصلي serous** **والمخاطي mucous**. ونعالج فيما يلي هذين النوعين من الخلايا، إضافة إلى التركيب النسيجي لقنوات هذه الغدد.

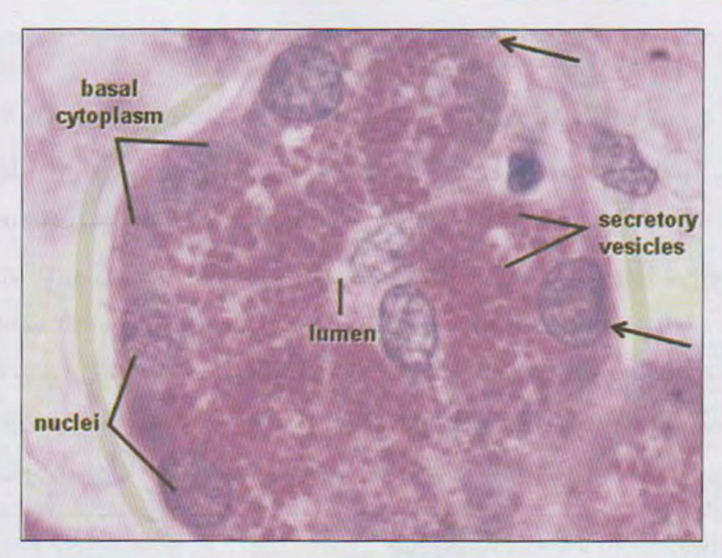


(**شكل 19**) رسم يبين أنواع الغدد اللعابية.

1.4 خلايا الغدد اللعابية

1.1.4 **الخلايا المصلية Serous Cells**

هذه خلايا مخروطية الشكل، لها قاعدة عريضة ترتكز على صفيحة قاعدية، وقمة ضيقة لها عدة خملات دقيقة تطل على تجويف الغدة (شكل 20). ولهذه الخلايا شبكات إندوبلازمية خشنة وافرة تقع فوق نوى قاعدية. كذلك تحتوي هذه الخلايا عدة ميتوكوندريا وأجسام جولجي. وترتبط الخلايا المذكورة بروابط محكمة وأخرى فجوية، إضافة إلى أجسام رابطة. وتشكل عدة خلايا مصلية كتلة خلوية تدعى **عنيبة acinus** لها تجاويف وسطية.



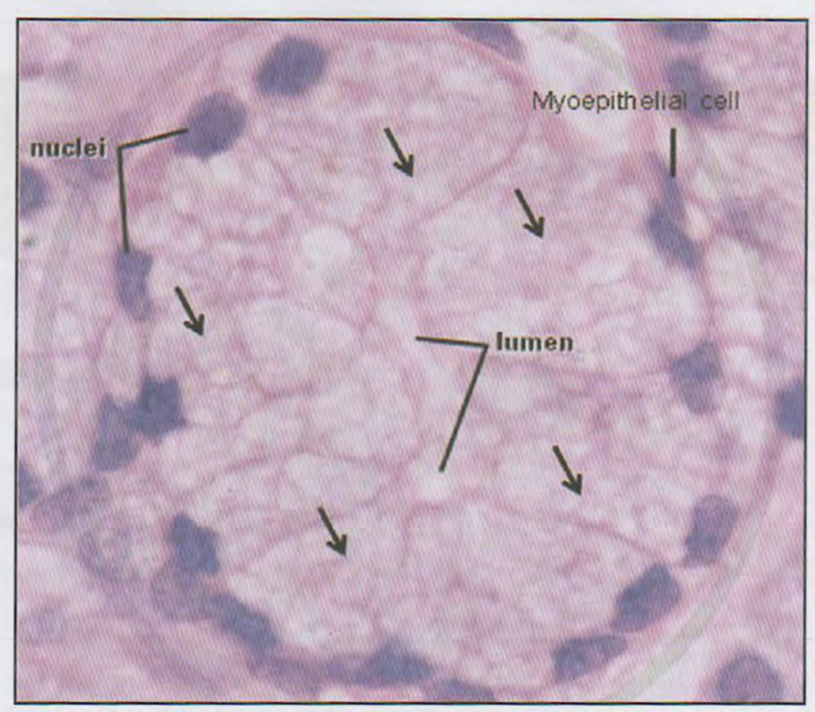
(**شكل** 20) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مصلية في إحدى العنيبات. لاحظ نوى الخلايا والصفائح القاعدية (سهم) والحبيبات الإفرازية في قمم الخلايا.

2.1.4 الخلايا المخاطية Mucous Cells

يتراوح شكل هذه الخلايا بين المكعب والعمادي، وتشغل نواها مواقع قاعدية، وتكوّن الشبكة الإندوبلازمية الخشنة نسبة كبيرة من سيتوبلازمها. وغالبا ما تنتظم الخلايا المخاطية كأنيبيبات. وفي الغدة تحت الفكية للإنسان، تغطى نهايات الخلايا المخاطية بخلايا مصلية تشكل **أهلّة مصلية serous demilunes** (شكل 21). وتحاط الخلايا المخاطية والمصلية وكذلك قنوات الغدد اللعابية بـ **خلايا طلائية عضلية myoepithelial cells** يساعد انقباضها بإطلاق إفرازات هذه الغدد (شكل 22).



(**شكل** 21) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مخاطية تحيط بقواعدها خلايا مصلية تشكل أهلّة (أسهم).

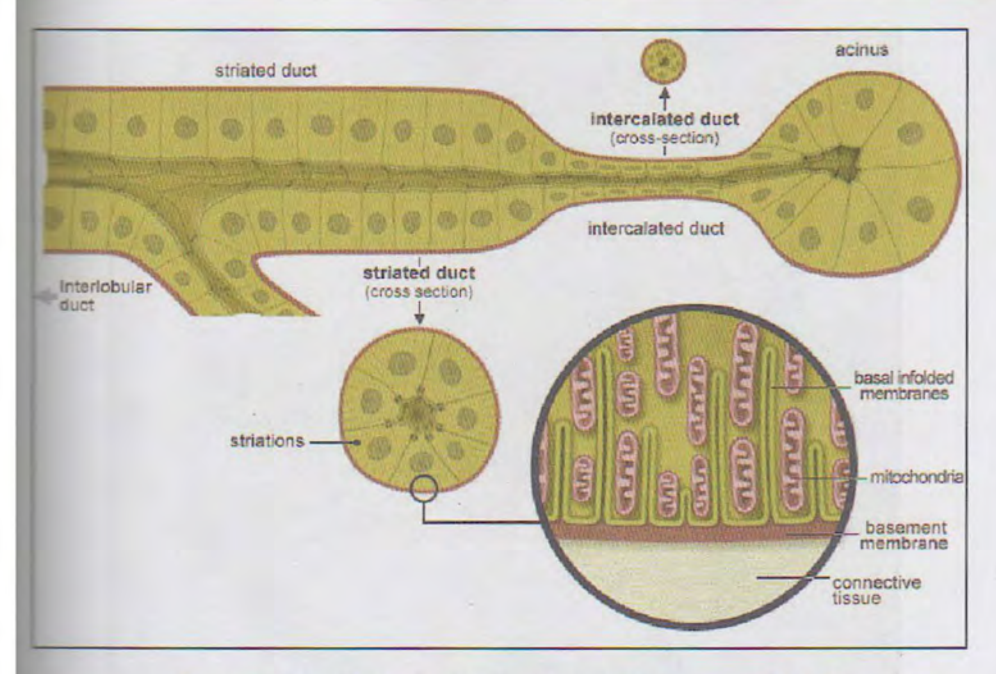


(**شكل** 22) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مخاطية. لاحظ النوى القاعدية والسيتوبلازم الغني بالافرازات المخا طية (أسهم).

2.4 قنوات الغدد اللعابية

تفرغ النهايات الإفرازية للغدد اللعابية محتواها في **قنوات مدخلة intercalated** تبطن بخلايا مكعبة. ويندمج العديد من هذه القنوات لتكوين **قناة مخططة striated duct** (شكل 23).

تتصف خلايا القنوات المخططة بتخطيطات شعاعية تمتد من قواعدها حتى نواها. وتظهر الدراسة المجهرية الإلكترونية أن هذه التخطيطات تمثل ثنايا غشائية تحتوي بينها عدة ميتوكوندريا تتوازى مع تلك الثنايا، وهذه خاصية لخلايا معنية بنقل الأيونات (شكل 23). وتقترب عدة قنوات مخططة من بعضها وتصب في قنوات بين **فصيصية interlobular** توجد في النسيج الضام الذي يفصل جسم الغدة إلى عدة فصيصات. وتبطن الأجزاء الأولية من هذه القنوات بنسيج طلائي طبقي مكعب، غير أن الأجزاء البعيدة تبطن بنسيج طلائي طبقي عمادي. وتلتقي عدة قنوات بين فصيصة في قناة مشتركة واحدة تصب في تجويف الفم مباشرة. وتبطن هذه القناة بنسيج طلائي حرشفي غير متقرن.



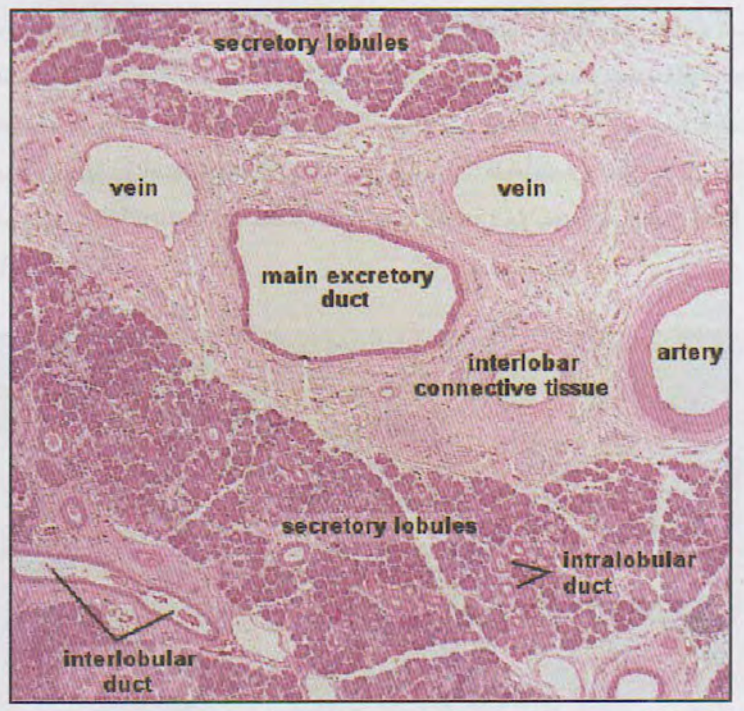
(**شكل** 23) رسم يبين اتصال عنيبات الغدد اللعابية بالقنوات المتداخلة التي تصب في قنوات مخططة وقنوات بين فصيصية. لاحظ الثنايا الغشائية القريبة من قواعد الخلايا والتي تحتوي بينها وفرة من الميتوكوندريا.

بعد استعراضنا للتركيب النسيجي للأجزاء الإفرازية والقنوية للغدد اللعابية نعالج الآن الأنواع الثلاثة من هذه الغدد، مبتدئين بالغدد النكفية.

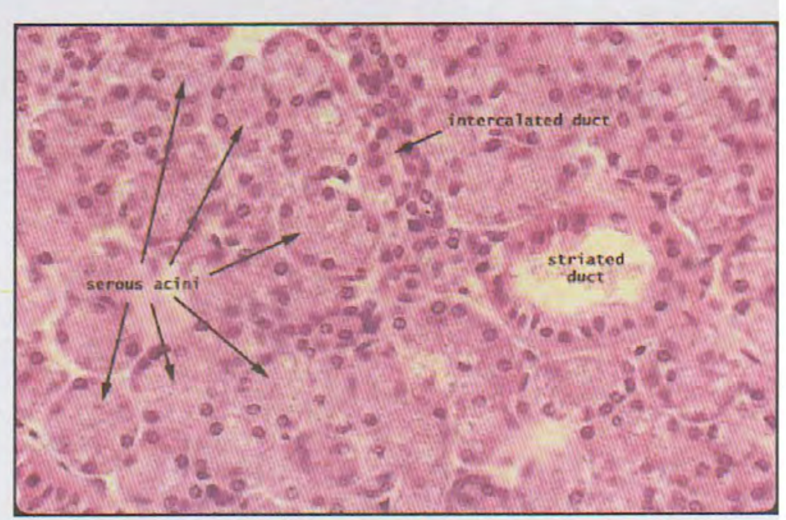
3.4 أنواع الغدد اللعابية

1.3.4 الغدد النكفية Parotid Glands

هذه غدد عنيبة متشعبة، يتكون جزؤها الإفرازي من خلايا مصلية إلى حد كبير (شكل 24، 25)، تحتوي حبيباتها وفرة من كربوهيدرات متعددة وبروتينات، من أبرزها **إنزيم أميليز amylase**. وتحاط هذه الغدد بكبسولة من نسيج ضام تنشأ منه فواصل تقسم الغدة إلى عدة **فصيصات lobules**. ويحتوي نسيج الكبسولة خلايا لمفاوية وخلايا بلازما. وتنتج الخلايا الأخيرة أجساماً مضادة تبطل مفعول المواد الغريبة التي تدخل تجويف الفم.



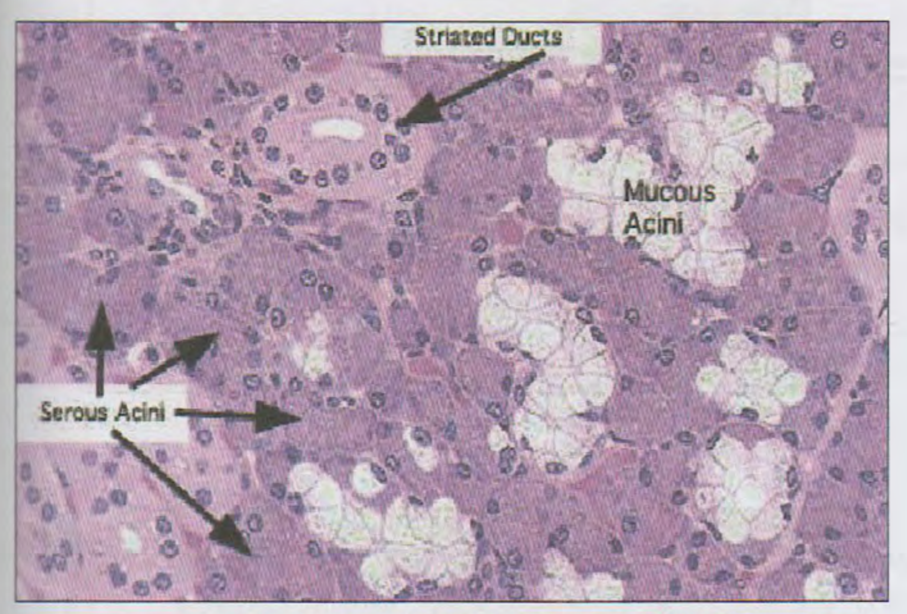
(شكل 24) صورة مجهرية ضوئية تظهر فصيصات الغدة النكفية والقنوات داخل الفصيصات والقنوات بين الفصيصات



(شكل 25) صورة مجهرية ضوئية مكبرة تظهر عنيبات الغدة النكفية

2.3.4 الغدد تحت الفكية Submandibular Glands

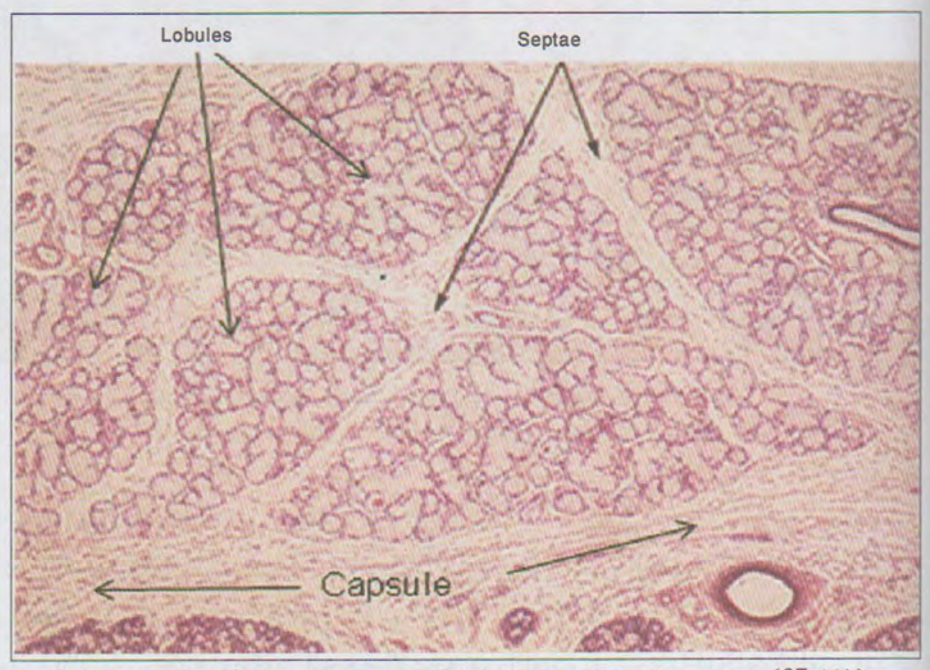
هذه الغدد أنبوبية عنبية متفرعة، تحاط بكبسولة من نسيج ضام تنشأ منها فواصل تقسم الغدة إلى فصيصات، كما في الغدة النكفية. يتكون الجزء الإفرازي الأكبر لهذه الغدد من خلايا مصلية التي يكوّن بعضها أهلّة **demilunes** حول العنيبات المخاطية (شكل 26). وتفرز الخلايا المصلية إنزيم أميلز **amylase** الذي يفكك السكريات المتعددة ولايسوزايم **lysozyme** الذي يفكك جدر الخلايا البكتيرية.



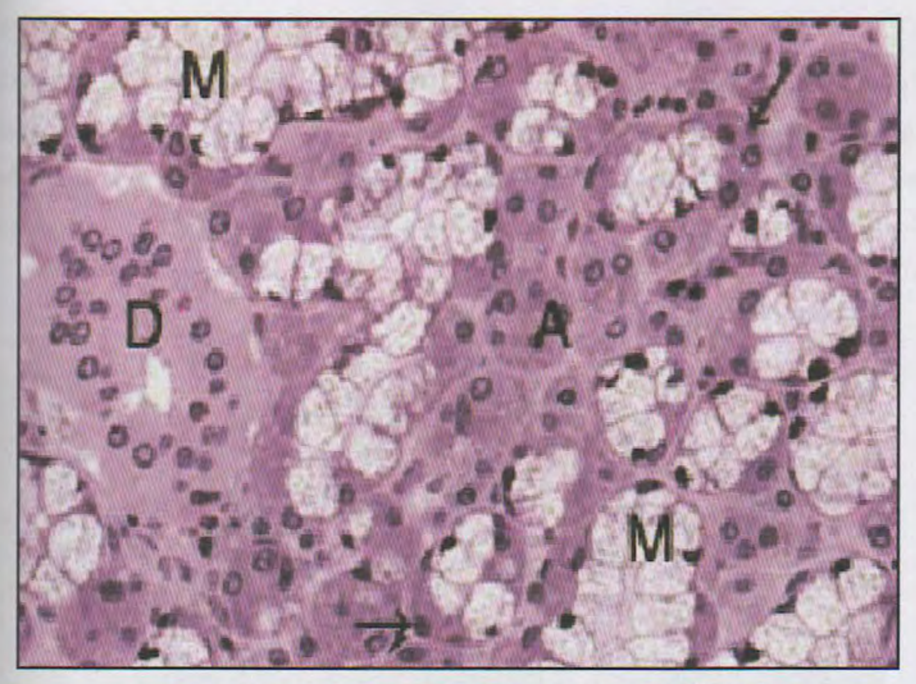
(**شكل** 26) صورة مجهرية ضوئية تظهر عنيبات الغدة تحت الفكية

3.3.4 الغدد تحت اللسانية Sublingual Glands

تتكون هذه الغدد من فصيصات **lobules** تحتوي عنيبات أنبوبية متفرعة، وتحاط بـ كبسولة **capsule** من نسيج ضام تبرز منه باتجاه الداخل **فواصل septae** تبعد الفصيصات عن بعضها. وفي هذه الغدد تكون الخلايا المخاطية أكثر وفرة، وتشكل الخلايا المصلية **أهلّة demilunes** حول عنيبات مخاطية (شكل 27-28).



(**شكل** 27) صورة مجهرية ضوئية لغدة تحت لسانية. لاحظ وفرة العنيبات المخاطية والكبسولة والفواصل والفصيصات



(**شكل** 28) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من الغدة تحت اللسانية. لاحظ العنيبات المخاطية M والمصلية A والأهلة (سهم) والقناة المخططة D.

4.4 وظائف اللعاب

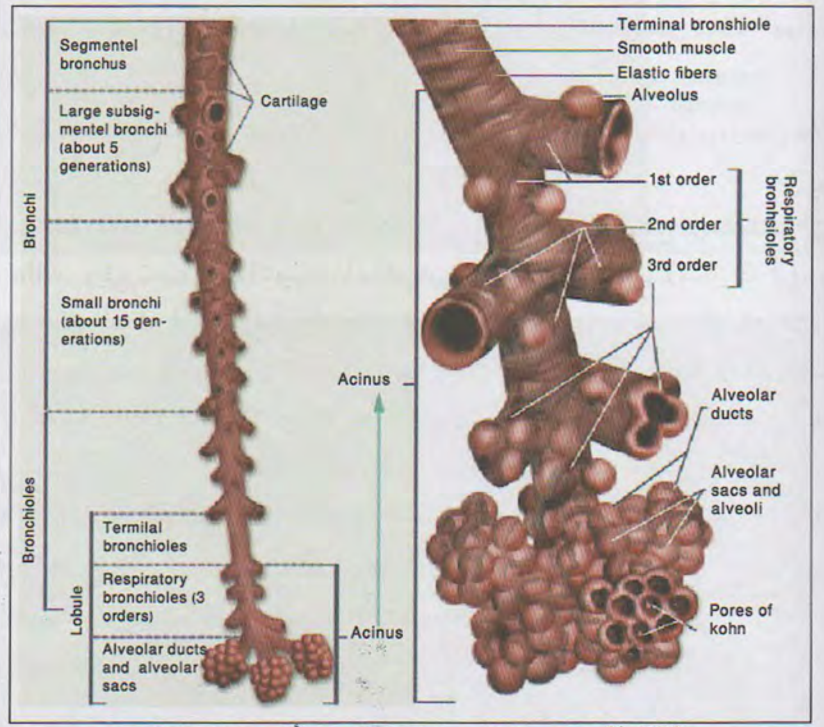
تفرز الغدد اللعابية حوالي 1.5 لترا يوميا من سوائل تشكل **اللعاب saliva**، وتؤلف إفرازات الغدة تحت الفكية حوالي 70% من اللعاب، وتفرز الغدد النكفية 25%، بينما تفرز الغدد تحت اللسانية 5% من حجمه. ويتكون الحجم الأعظم من اللعاب في الخلايا المخاطية للغدد المذكورة. وللعاب عدة وظائف أبرزها:

1. ترطيب وتليين تجويف الفم، وذلك بهدف تهيئة البيئة المناسبة لتفكيك الغذاء أليّا أولاً، ثم كيميائيا لاحقا، إضافة إلى حماية بطانة تجويف الفم من تأثير الاحتكاك المتواصل مع المواد التي نتناولها.
2. هضم الكربوهيدرات، وبالذات المتعددة منها، بواسطة إنزيم أميليز.
3. الدفاع ضد الأجسام الغريبة وذلك بواسطة مواد تفرزها الخلايا المصلية وخلايا القنوات الغدية ويتمثل ذلك بإفراز إنزيم **لايسوزايم lysozyme** الذي يفكك جدر الخلايا البكتيرية.

الفصل الثالث عشر

13 الجهاز التنفسي
Respiratory System

يزوّد الجهاز التنفسي الجسم بالأكسجين، ويخلصه من ثاني أكسيد الكربون، ويتشكل هذا الجهاز من **جزء موصل conducting portion** يتكون من **تجويف الأنف nasal cavity** و**البلعوم الأنفي nasopharynx** و**الحنجرة larynx** و**القصبة الهوائية trachea** و**الشعب bronchi** و**الشعيبات الطرفية terminal bronchioles** و**جزء تنفسي respiratory portion** يتألف من **الشعيبات التنفسية respiratory bronchioles** و**قنوات الحوصلات alveolar ducts** و**الحوصلات alveoli** ، (شكل 1.6). إضافة لذلك، تساهم تراكيب أخرى مثل القفص الصدري، والعضلات بين الأضلاع، والحجاب الحاجز في عملية التنفس.



(**شكل 1**) رسم ببعد ثلاثي يبين تفرعات الجزء الأخير من الجهاز التنفسي.

1. الجزء الموصل Conducting Portion

1.1 الوظائف

يقوم هذا الجزء بوظيفتين أساسيتين، هما:

- العمل كممر يعبر خلاله الهواء من وإلى الرئتين. ولضمان إيصال الهواء دون انقطاع، يتسم هذا الجزء بدعامة جيدة تتمثل بوجود نسيج غضروفي زجاجي في جداره. كما يتصف بمرونة كافية ناجمة عن وجود ألياف مرنة وأخرى كولاجينية، علاوة على ألياف عضلية ملساء. ويقوم الغضروف بتدعيم الجزء الموصل، ومنحه المرونة اللازمة. ويتناسب

تركيز الألياف المرنة عكسياً مع قطر الأنبوب الموصل. فالشعيبات الأدق تحتوي الكثير من الألياف، مقارنة بالحنجرة. وتقوم العضلات الملساء التي تحيط بكل مناطق الجزء الموصل بتنظيم دخول وخروج الهواء وذلك بانقباضها أو انبساطها.

- تكييف الهواء الداخل إلى الرئتين بحيث يُنقى من الشوائب ويُرطب ثم يُدفأ. ويساعد في هذه الوظائف وجود نسيج طلائي يحتوي غدداً مخاطية ومصلية. فعند دخول الهواء للأنف، يقوم الشعر بتنقيته من الشوائب وتعمل إفرازات الغدد المخاطية على التقاطها. كما أنها ترطب الهواء الداخل كي تحمي بطانة الحوصلات الرئوية الهشة من مخاطر الجفاف. كذلك، تعمل شبكة الأوعية الدموية الغنية تحت بطانة الجزء الموصل على تدفئة الهواء.

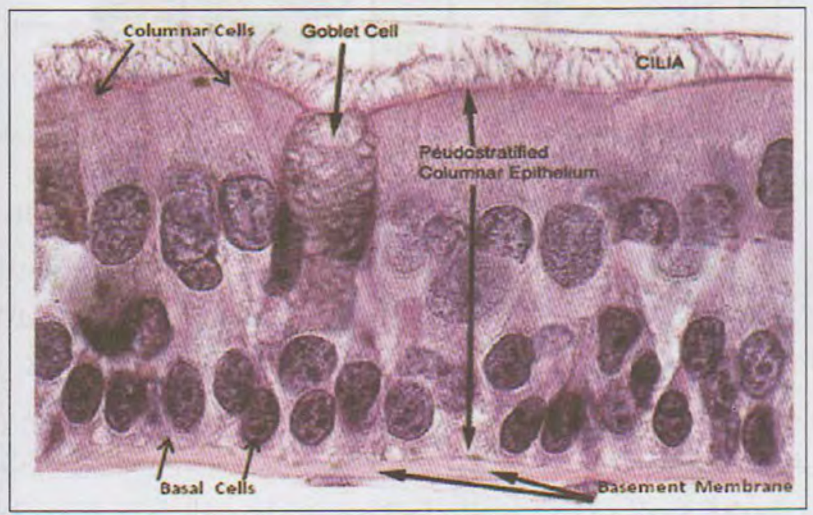
2.1 الخلايا

عند دراسة النسيج الطلائي المبطن لمناطق الجزء الموصل بالمجهر الإلكتروني، يمكن ملاحظة خمسة أنواع من الخلايا، هي (شكل 2):

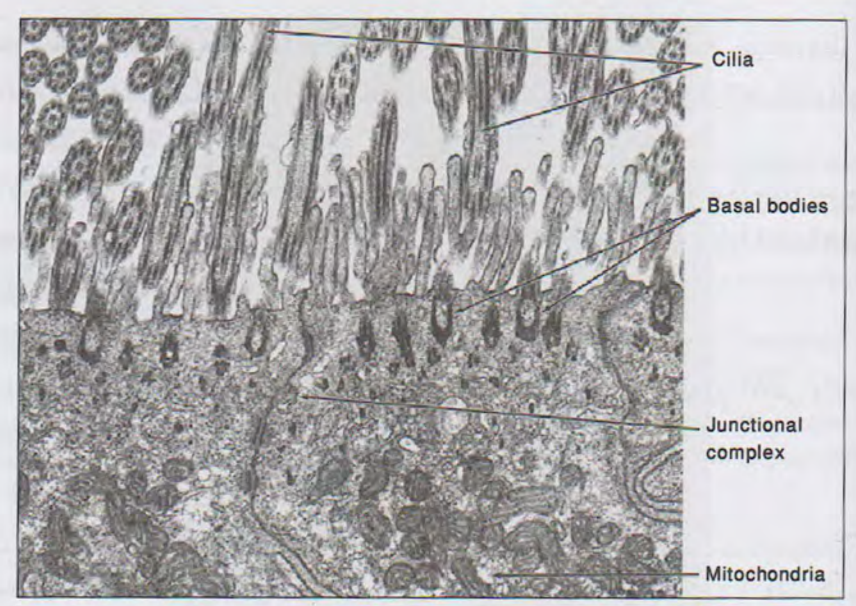
أ. **خلايا عمادية Columnar Cells**: وهي الأكثر شيوعاً، ويوجد على سطح كل منها حوالي 300 **هدبة cilia**، ويقع تحت هذه الأهداب أعداد كبيرة من الميتوكوندريا (شكل 2، 3). وبينت الدراسات أن انعدام **أذرع داينين dynein** في هذه الأهداب يؤدي إلى التهابات مزمنة في مجرى التنفس، وقد لوحظ أن الأشخاص المصابون بهذه المشكلة يعانون من العقم أيضاً.

ب. **خلايا كأسية Goblet Cells**: وفيها عدة قطيرات مخاطية تحتوي كميات كربوهيدراتية وافرة (شكل 2-4) تعمل على التقاط الشوائب التي تدخل الجهاز التنفسي.

ج. **خلايا قاعدية Basal Cells**: هذه خلايا صغيرة، تقع فوق الصفيحة القاعدية (شكل 2)، ولها قوة انقسام عالية تعوض ما يفقد من بقية خلايا مبطنة.



(**شكل 2**) صورة مجهرية ضوئية تبين أنواع الخلايا في بطانة القصبة الهوائية



(شكل 3) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لأجزاء من خلايا عمادية مهدبة



(شكل 4) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين أهدابا على أسطح الخلايا العمادية (رؤوس أسهم) وخملات دقيقة على أسطح الخلايا الكأسية (G)

د. **خلايا فرشاة Brush Cells**: سميت كذلك لوفرة **الخملات الدقيقة microvilli** عند أسطحها الرأسية (شكل 4)، ولهذه الخلايا نهايات عصبية واردة عند أسطحها القاعدية، وتعمل هذه الخلايا كمستقبلات **كيميائية حسيّة chemosensory**.

هـ. **خلايا حبيبية صغيرة Small Granular Cells**: تحتوي هذه الخلايا عدة حبيبات قطرها بين 100 و 300 nm، ولها لب داكن. ويعتقد أن لهذه الحبيبات دور في تكامل الإفرازات المخاطية والمصلية من غدد الأنبوب التنفسي.

تجدر الإشارة إلى أن النسيج الطلائي يرتكز على صفيحة قاعدية (شكل 2) يقع تحتها نسيج ضام طري يحتوي خلايا تدافع عن الجهاز التنفسي، تتمثل بخلايا أكولة كبيرة وخلايا لمفاوية من نوعي T وB تتجمع في عقيدات لمفاوية.

3.1 المكونات

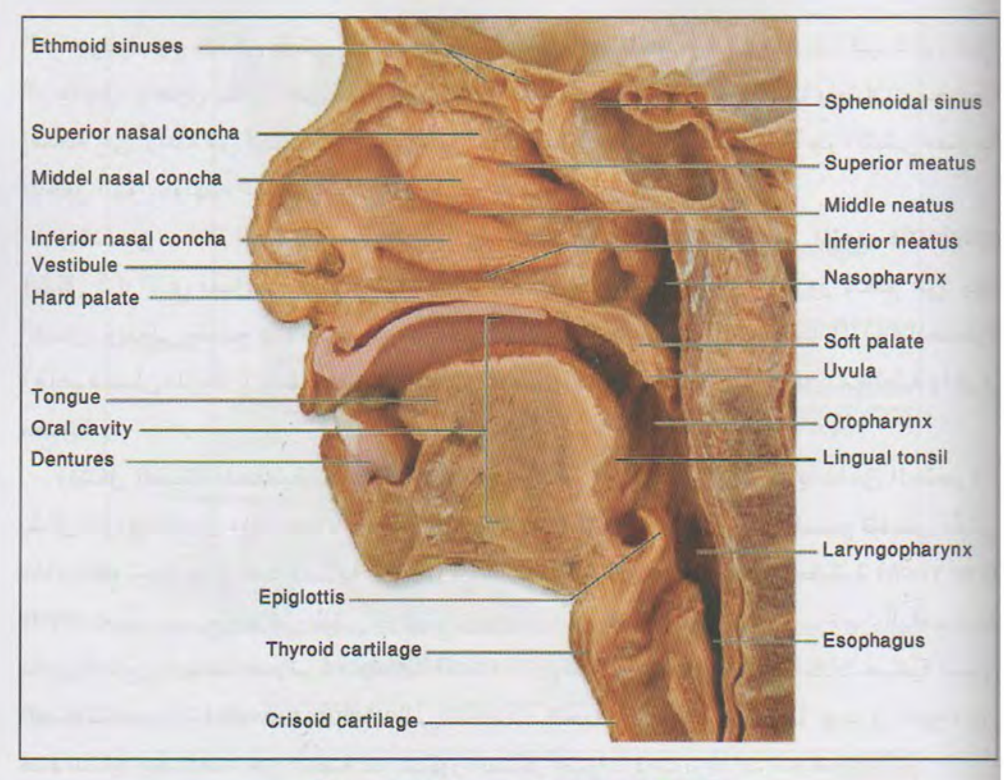
يتكون الجزء الموصل من تجويف الأنف، والجيوب الأنفية الجانبية والبلعوم الأنفي والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب والشعيبات. وسنعالج هذه التراكيب، كما يلي:

1.3.1 تجويف الأنف Nasal Cavity

يتكون هذا التجويف من **دهليز vestibule** و**حفر أنفية nasal fossae**.

أ. **الدهليز Vestibule**: هذا هو الجزء الأمامي المتسع لتجويف الأنف (شكل 5)، وتتشكل بطانته من نسيج طلائي طبقي حرشفي. ويوجد حول السطح الداخلي للدهليز غدد دهنية وعرقية، إضافة إلى شعر يعمل على ترشيح الهواء الداخل من الشوائب، ويتحول النسيج المذكور إلى نسيج طلائي طبقي كاذب قبل دخوله الحفر الأنفية.

ب. **الحفر الأنفية Nasal Fossae**: تقع هذه الحفر داخل حجرتين كهفيتين يفصلهما **فاصل أنفي nasal septum**. ويمتد من كل جدار جانبي لهاتين الحجرتين ثلاثة نتوءات عظمية شبيهة بالرفوف، تدعى **محارات conchae** (شكل 5) تغطى العليا منها **بنسيج طلائي شمي olfactory epithelium**، بينما تغطى المحارات الوسطى والسفلى **بنسيج طلائي تنفسي respiratory epithelium**. وتعمل الممرات الشريطية الضيقة في المحارات على تحسين نوعية الهواء الداخل للجسم بزيادة المساحة السطحية للنسيج الطلائي التنفسي، و خلق دوامة في الهواء الداخل كي يزداد الاحتكاك بين الهواء والطبقة المخاطية على سطح الحفر الأنفية، وهذا ما يؤدي إلى تخليص الهواء من شوائبه. وتعمل الشعيرات الدموية الوافرة التي تقع تحت النسيج الطلائي على تدفئة الهواء.



(**شكل** 5) صورة لمقطع طولي تبين مكونات تجويف الأنف

2.3.1 الجيوب الأنفية الجانبية Paranasal Sinuses

هذه فجوات هوائية توجد في عظام الجمجمة **الجبهية frontal**، و**الفكية maxillary**، و**الغربالية ethmoid**، و**الوتدية sphenoid** (شكل 5). وتبطن هذه التجاويف بنسيج طلائي طبقي كاذب رقيق يحتوي خلايا كأسية قليلة. وتتصل هذه الجيوب بتجويف الأنف عبر فتحات صغيرة، وتصب مادتها المخاطية المفرزة داخل ممرات أنفية نتيجة حركة أهداب الخلايا الطلائية، وإذا ما حدث انسداد للفتحات المذكورة، يحدث **التهاب الجيوب الأنفية sinusitis**.

3.3.1 البلعوم الأنفي Nasopharynx

هذا هو الجزء الأول من البلعوم، ويصل بين الفتحة الداخلية لتجويف الأنف والحنجرة (شكل 5). وتبطن المنطقة الخلفية من البلعوم الأنفي بنسيج طلائي طبقي كاذب، بينما تبطن المنطقة الأمامية بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن.

4.3.1 الحنجرة Larynx

هذه حجرة على هيئة أنبوب غير منتظم يربط بين البلعوم والقصبة الهوائية (شكل 5). وتبطن

الحنجرة بنسيج طلائي طبقي كاذب، ويوجد في صفيحتها المخصوصة غضاريف كبيرة من النوع الزجاجي، وأخرى صغيرة من النوع المرن. وترتبط هذه الغضاريف مع بعضها بعضلات مخططة إضافة إلى أربطة من النسيج الضام. وتعمل هذه الغضاريف على دعامة الحنجرة لتبقى مفتوحة لدخول الهواء. ولهذه الغضاريف دور في خروج الأصوات.

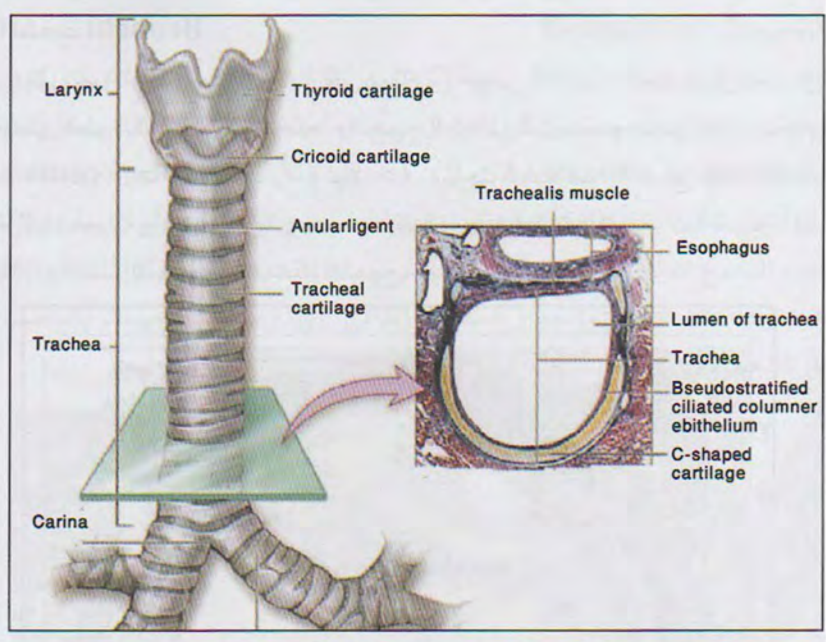
يمتد من حافة الحنجرة باتجاه البلعوم بروز غضروفي يدعى **لسان المزمار epiglottis** (شكل 5) الذي يعمل كصمام يغلق مجرى التنفس عند البلع. ولهذا البروز سطح من جهة اللسان، ويغطى بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن، بينما يغطى سطحه المواجه للحنجرة (قاعدة لسان المزمار) بنسيج طلائي طبقي كاذب، وتقع تحت هذا النسيج غدد مخاطية وأخرى مصلية.

وتشكل الطبقة المخاطية للأنبوب التنفسي تحت لسان المزمار زوجي ثنايا داخل الحنجرة ، يشكل الزوج العلوي منها **حبالاً صوتية كاذبة false vocal cords** تغطى بنسيج تنفسي طبقي كاذب تقع تحته عدة غدد مصلية. أما الزوج السفلي فيشكل **حبالاً صوتية حقيقية true vocal cords** تغطى بنسيج طلائي طبقي حرشفي. ويوجد داخل هذه الحبال حزم كبيرة من ألياف مرنة متوازية تكوّن **الرباط الصوتي vocal ligament** الذي تتوازى معه حزم من عضلات هيكلية تسمى **العضلات الصوتية vocalis muscles** التي تنظم شد الحبال الصوتية وأربطتها. وبمرور الهواء بين هذه الثنايا وبمساهمة من العضلات المذكورة تتشكل أصوات ذات ترددات مختلفة.

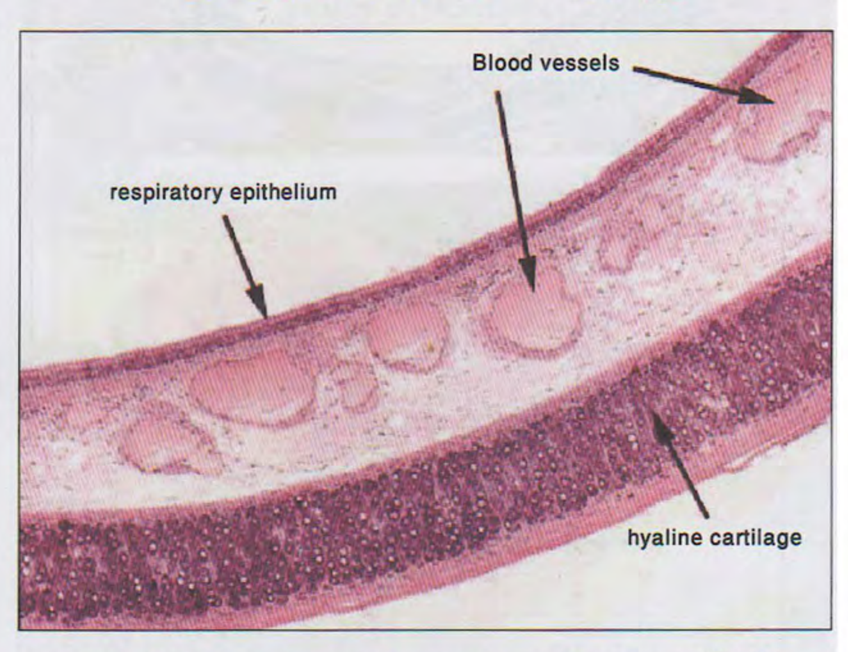
5.3.1 القصبة الهوائية Trachea

هذه أنبوبة رقيقة الجدار تمتد بطول حوالي 10 سم من قاعدة الحنجرة إلى النقطة التي تتفرع فيها إلى شعبتين أوليتين (شكل 6). وتتشكل القصبة الهوائية من 16-20 حلقة من الغضروف الزجاجي على هيئة حرف C، تعمل على إبقاء تجويف القصبة مفتوحاً. وتتصل الأطراف المفتوحة لهذه الحلقات بأربطة من الألياف المرنة وحزم من العضلات الملساء (شكل 6). وتمنع هذه الأربطة التوسع غير الضروري لتجويف القصبة الهوائية، بينما يؤدي انقباض العضلات المذكورة إلى تقلص هذا التجويف. و تبطن القصبة الهوائية بنسيج طلائي طبقي كاذب يحتوي خلايا كأسية وخلايا مهدبة وأخرى غير مهدبة. و تحتوي المنطقة تحت البطانة و فرة من الأوعية الدموية و الغدد المصلية (شكل 7).

تتفرع القصبة الهوائية إلى **شعبتين أوليتين primary bronchi** داخل الرئتين وتتفرعا لتكونا ثلاث شعب في الرئة اليمنى، وشعبتين في الرئة اليسرى. وتنقسم هذه الشعب في فصوص الرئة إلى عدة **شعب ثانوية secondary bronchi** تنتهي بـ 5-7 **شعيبات طرفية terminal bronhioles** (شكل 1).



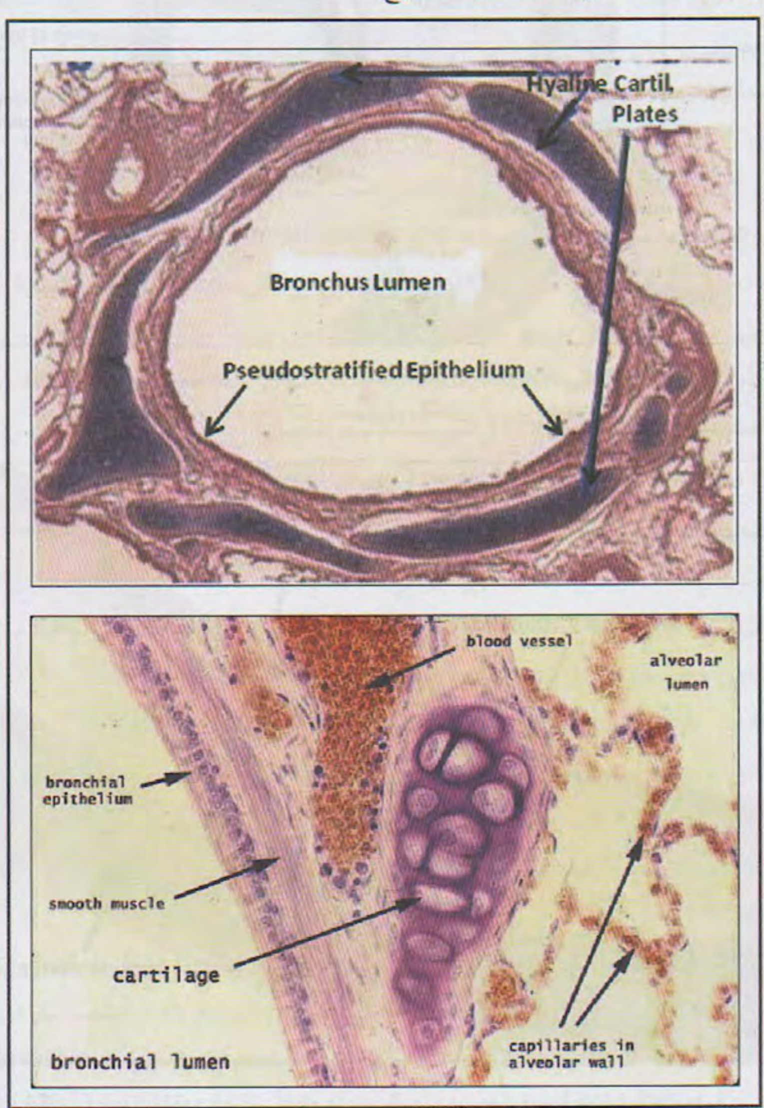
(**شكل** 6) رسم لقصبة هوائية وتفرعاتها (يسار) وصورة لمقطع عرضي في قصبة هوائية ومريء (يمين). لاحظ شكل الغضروف والعضل الذي يربط طرفيه.



(**شكل** 7) صورة بالمجهر الضوئي لمقطع عرضي في جزء من جدار قصبة هوائية. لاحظ وفرة الأوعية الدموية تحت بطانة القصبة ، والخلايا المهدبة والغضروف الزجاجي.

6.3.1 الشعب Bronchi

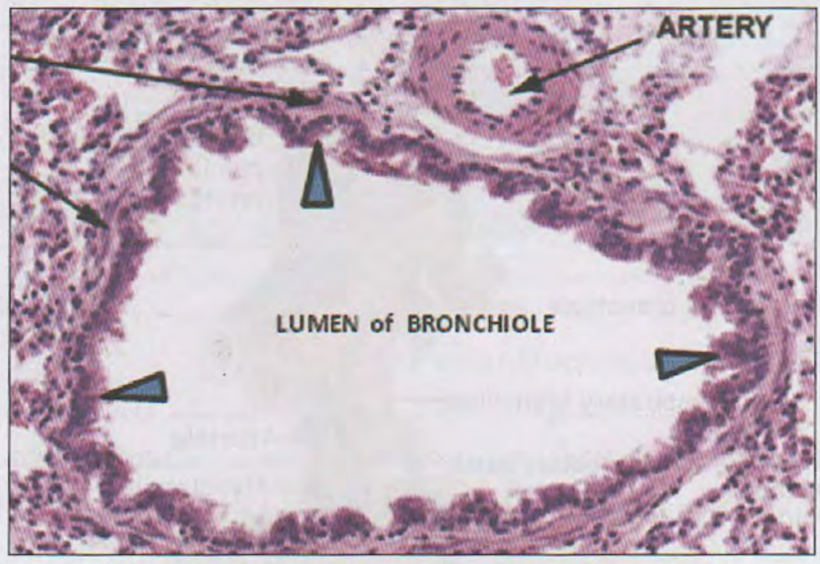
تتفرع كل شعبة أولية بشكل ثنائي (على هيئة Y) حوالي 10 مرات بحيث يقل قطر كل فرع عن سابقه ليصل قطر الشعبة حوالي 5 ملم. والنسيج الطلائي للشعب هو طبقي كاذب يدعم بـ صفائح غضرفية **cartilage plates** مبعثرة (شكل 8). ويوجد تحت هذا النسيج شبكة ألياف عضلية ملساء، والياف مرنة وأوعية دموية وغدد مخاطية ومصلية تلين الشعب. كما تنتشر أعداد كبيرة من الخلايا والعقد اللمفاوية تحت هذا النسيج.



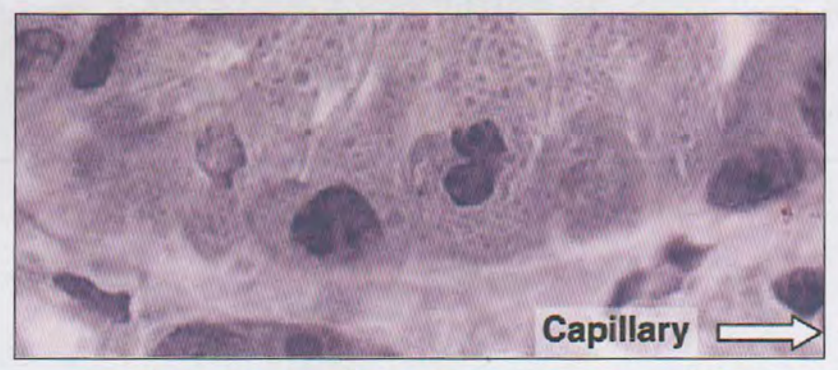
(**شكل 8**) صورتان بالمجهر الضوئي لمقطعين عرضيين في جدار شعبة. لاحظ صفائح الغضروف (فوق) والنسيج الطبقي الكاذب والحوصلات الرئوية وصفيحة الغضروف والأوعية الدموية (تحت)

7.3.1 الشعيبات Bronchioles

هذه ممرات داخل الرئة، لها قطر يبلغ 0.5 ملم أو أقل. وفي الشعيبات الكبيرة، يكون النسيج الطلائي طبقيا كاذبا مهدبا، يتحول تدريجياً ليصبح عمادياً مهدباً أو مكعباً بسيطاً في **الشعيبات الطرفية terminal bronchioles** (شكل 9). ويحتوي هذا النسيج **خلايا كلارا Clara cells** (شكل 10) لتحل محل الخلايا الكأسية وتفرز بروتينات تحمي الشعيبات من الملوثات والإلتهابات. ويوجد تحت النسيج الطلائي للشعيبات ألياف مرنة وعضلات ملساء (شكل 9) تقع تحت تأثير **العصب الحائر vagus nerve** والجهاز العصبي الذاتي. ويؤدي حفز الشعيبات بالعصب الحائر إلى تضيق الشعيبات، بينما يؤدي حفزها بالجهاز الذاتي إلى توسعها.



(**شكل** 9) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في شعيبة طرفية. تبين رؤوس الأسهم النسيج الطلائي العمادي ويظهر تحته أليافا عضلية ملساء (أسهم)

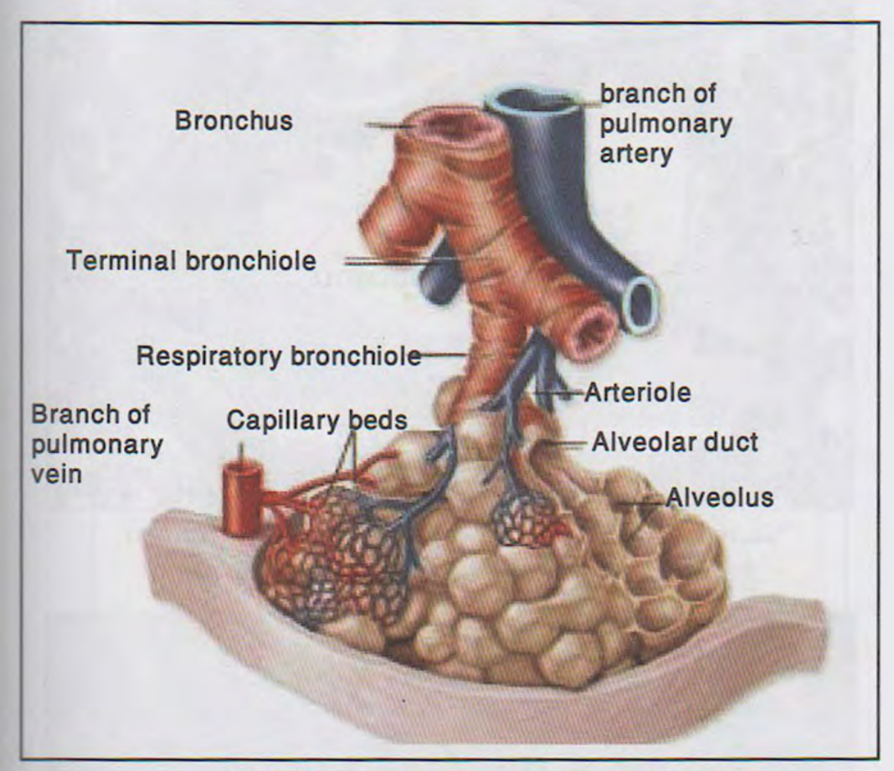


(**شكل** 10) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في شعيبة طرفية تبين خلايا كلارا التي تفرز بروتينات تحمي الشعيبات

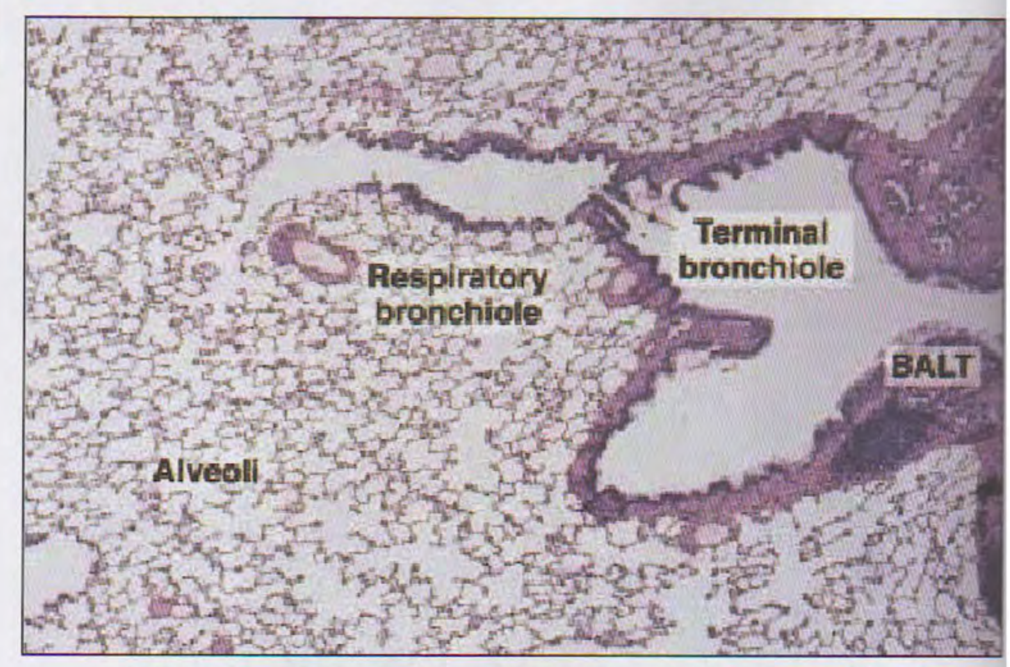
2. الجزء التنفسي Respiratory Portion

1.2 الشعيبات التنفسية Respiratory Bronchioles

تتفرع كل شعيبة طرفية إلى شعيبتي تنفس **respiratory bronchioles** أو أكثر (11، 12). والطبقة المخاطية في الشعيبات التنفسية، مطابقة لتلك في الشعيبات الطرفية غير أن جدرها تنفتح على عدة **حوصلات alveoli** (شكل 12) حيث يتم تبادل الغازات. وتبطن جدر الشعيبات التنفسية الواقعة بين الحوصلات بخلايا طلائية مكعبة ومهدّبة، إضافة إلى خلايا كلارا. وعند مناطق اتصال الشعيبات التنفسية بتجاويف الحوصلات الرئوية يتحول النسيج الطلائي من مكعب إلى حرشفي بسيط. ويقع تحت النسيج الطلائي عضلات ملساء وألياف مرنة.



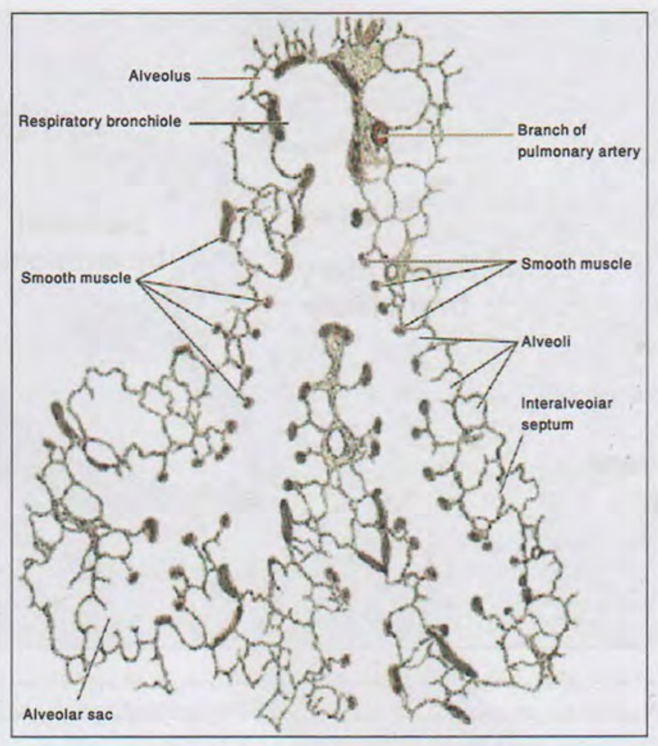
(**شكل** 11) رسم يبين تفرعات الشعيبات الطرفية والتنفسية.



(**شكل** 12) صورة بالمجهر الضوئي تبين شعيبة طرفية تنقسم إلى شعيبتي تنفس (يظهر واحدة منها). لاحظ المظهر الإسفنجي للرئة والذي يعود لوفرة الحوصلات. ولاحظ النسيج اللمفاوي المرتبط بالشعيبة (BALT).

2.2 القنوات الحوصلية Alveolar Ducts

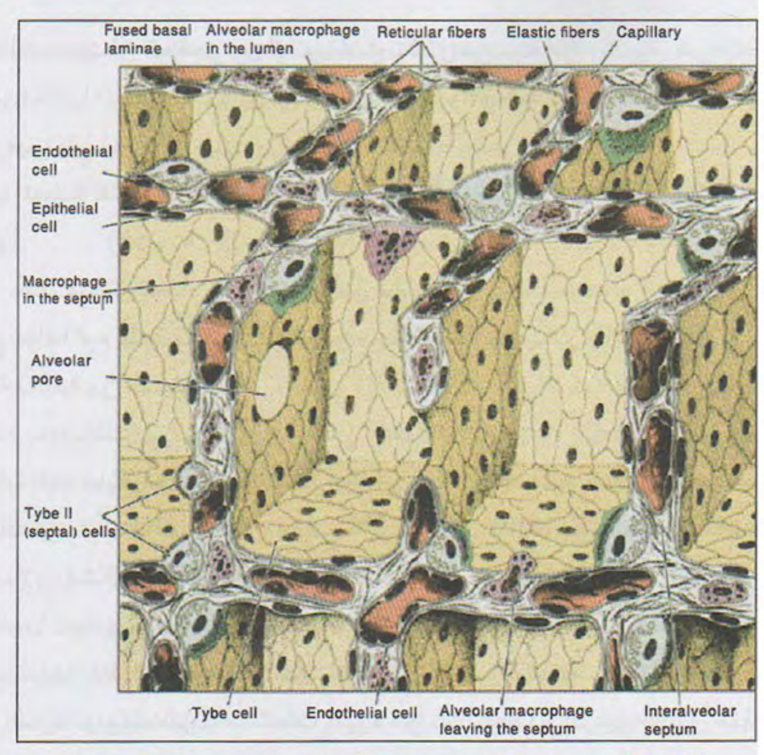
تخرج من الشعيبات التنفسية تفرعات تدعى **القنوات الحوصلية alveolar ducts** تتصل عند نهاياتها البعيدة مع **الأكياس الحوصلية alveolar sacs** عبر مناطق تدعى **فسحات atria** (شكل 13). وتبطن الحوصلات وقنوات الحوصلات بخلايا طلائية حرشفية، ويقع تحت هذا النسيج شبكة من الألياف العضلية الملساء. وتدعم القنوات وحوصلاتها بشبكة من الألياف المرنة والكولاجينية. ويخرج من كل فسحة كيسان حوصليّان أو أكثر، ويوجد حول كل فسحة وكذلك حول كل حوصلة وكيس حويصلة غمد من الألياف المرنة والشبكية. وتسمح الألياف المرنة بتمدد الحوصلات عند الشهيق وتمكنها من الانقباض عند الزفير. وتدعم الألياف الشبكية التراكيب المذكورة وتمنع تهتك الشعيرات الدموية والحواجو الحوصلية.



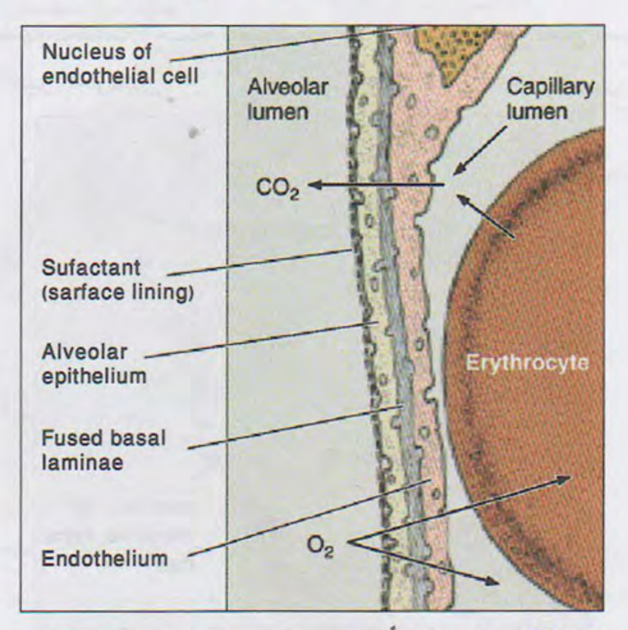
(**شكل** 13) رسم يبين تفرعات شعيبة تنفسية

3.2 الحوصلات الرئوية Lung Alveoli

هذه انبعاجات كيسية يبلغ قطرها حوالي 200 µm، تخرج من الشعيبات التنفسية والقنوات الحوصلية التي أشرنا إليها سابقاً. ويبلغ عدد الحوصلات في الرئتين 300 مليون، وتشكل مساحة لتبادل الغازات تقدر بحوالي 140 متراً مربعاً. وتعتبر الحوصلات مسؤولة عن التركيب الإسفنجي للرئتين، ويتم داخلها تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء والدم، وذلك عبر جدار (**فاصل) بين الحوصلات** (**interalveolar wall (septum**) يتشكل من طبقتين من نسيج طلائي حرشفي بسيط يقع بينهما أغنى شبكة شعيرات دموية في الجسم، إضافة إلى ألياف مرنة وخلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة وخلايا دم بيضاء (شكل 15،14). ويمكن اعتبار الجدار المذكور بأنه **حاجز دموي هوائي blood-air barrier** يتشكل من سيتوبلازم خلايا الحوصلة الرئوية والصفيحتين القاعدتين المندمجتين لخلايا هذه الحوصلات وخلايا الشعيرات الدموية (شكل 14)، ويتراوح السمك الكلي لهذه الطبقات بين 0.1-1.5 µm. و تجدر الإشارة إلى أن الجدار بين الحوصلات يحتوي **ثغوراً حوصلية alveolar pores** (شكل 14) يبلغ قطرها حوالي 10-15 µm. وتساعد هذه الثغور في توازن الهواء في الحوصلات وتسهيل تحريكه عند انسداد شعيبة ما.



(**شكل** 14) رسم ببعد ثلاثي لحوصلات رئوية يبين جدرا بين حوصلات رئوية. لاحظ الخلايا المختلفة والأنسجة الضامة والأوعية الدموية والثغور الحوصلية.



(**شكل** 15) رسم يبين جزءاً من الفاصل الحوصلي والحاجز الهوائي الدموي

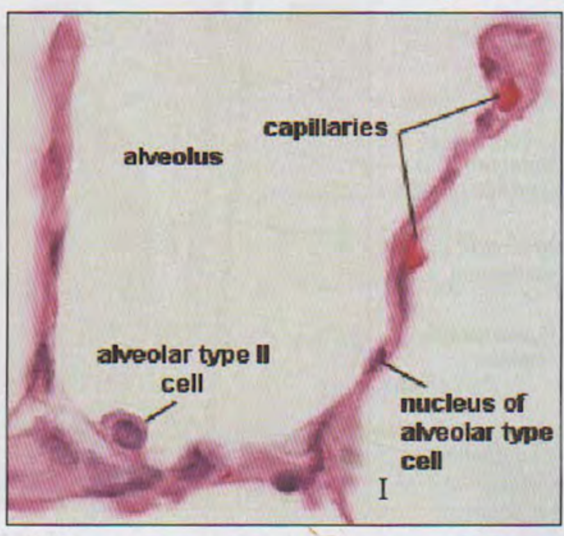
وبينت الدراسات أن الحاجز بين الحوصلات يتشكل من ستة أنواع خلوية، هي: الخلايا المبطنة للشعيرات والخلايا الحوصلية I والخلايا الحوصلية II والخلايا الليفية والخلايا الأكولة والخلايا العضلية. وفيما يلي أبرز سماتها:

أ. الخلايا المبطنة للشعيرات endothelial cells وتمثل حوالي 30% من خلايا الحاجز، ومن أبرز صفاتها:

- رقيقة جداً، وتشكل جدار متواصلاً وليس مثقباً.
- تتجمع نواها مع بقية العضيات في موقع واحد لتسمح بأكبر فاعلية لتبادل الغازات عبر منطقة نحيفة من السيتوبلازم.
- لها عدة حوصلات شرب خلوي.

ب. الخلايا الحوصلية I alveolar cells، ويشار إليها أيضاً باسم **الخلايا الحوصلية الحرشفية alveolar squamous**، وتشكل حوالي 8% من خلايا الحاجز. تبطن هذه الخلايا أسطح الحوصلات (شكل 16.14)، ومن أهم صفاتها:

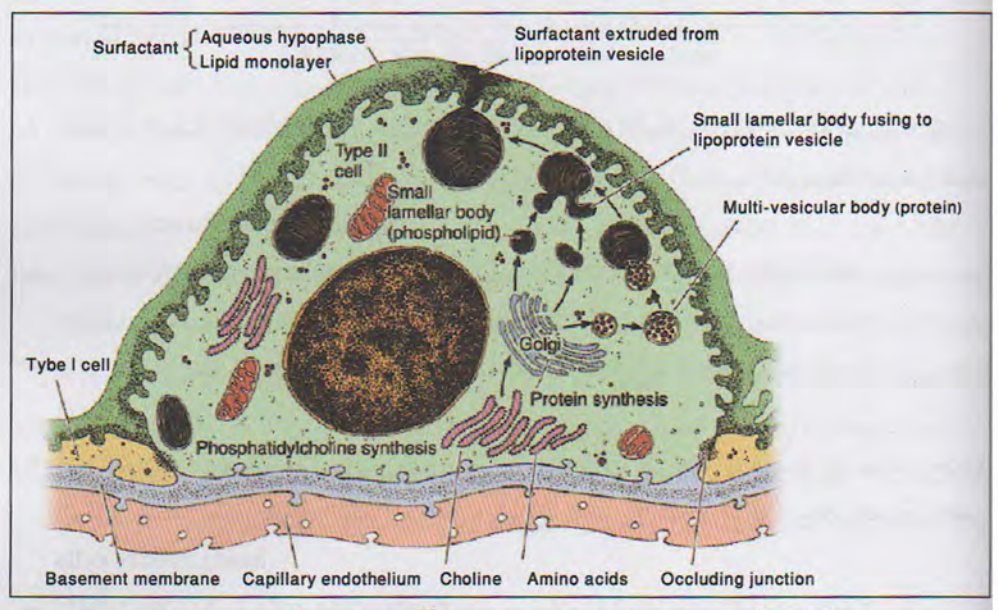
- رقيقة جداً لحد يبلغ فيه سمكها أحياناً حوالي 2.5 µm.
- تتجمع نواها وبقية العضيات، مثل جسم جولجي والميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية وسط الخلية، وبذلك تترك مساحات كبيرة من السيتوبلازم الرقيق لتبادل الغازات بفاعلية كبيرة.
- تحتوي عدة حوصلات شرب خلوي.
- تتصل مع بعضها بوساطة أجسام رابطة وروابط محكمة بحيث تمنع تسرب أي سائل من الخلايا إلى الحيز الحوصلي.



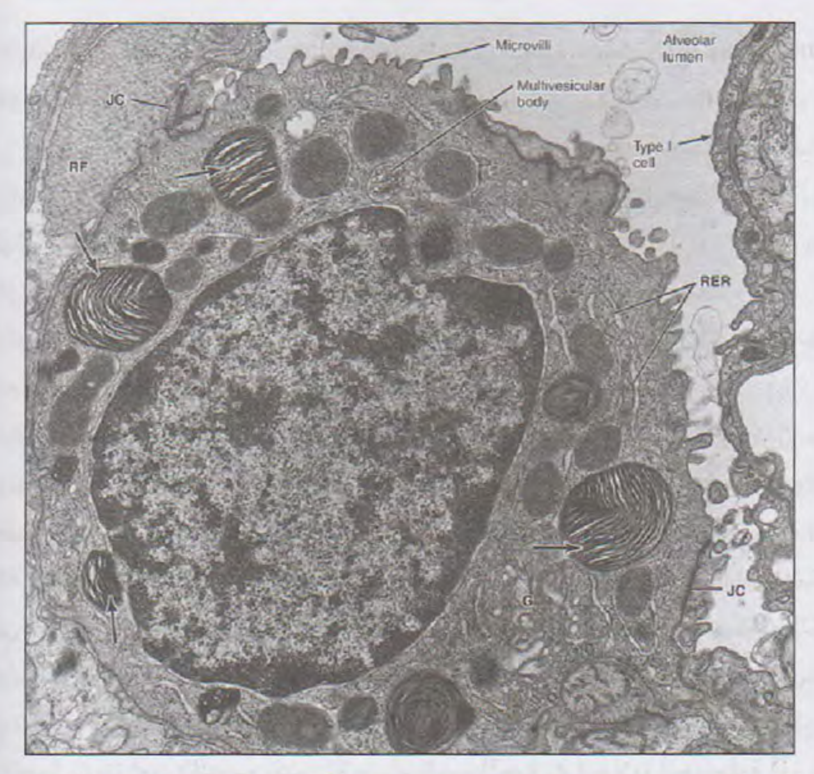
(**شكل** 16) صورة بالمجهر الضوئي لخلايا حوصيلة من نوعي I وII.

ج.الخلايا الحوصلية alveolar cells II، وتسمى أيضاً الخلايا الحوصلية العظيمة great alveolar cells وتبلغ نسبتها حوالي 16%، ومن أبرز سماتها:

- تتوزع بين الخلايا الحوصلية I (شكل 14، 16)، وترتبط معها بروابط محكمة وأجسام رابطة (شكل 17، 18).
- شكلها مكعب، وتوجد بمجموعات على سطح الحوصلة (شكل 14، 16).
- ترتكز على صفيحة قاعدية وتشكل جزءاً من النسيج الطلائي للحوصلة.
- لها صفات الخلايا الإفرازية، مثل الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية الخشنة وجسم جولجي نام، وعدة خملات دقيقة (شكل 17، 18).
- تحتوي **أجساماً صفائحية lamellar bodies** (شكل 17، 18) تتكون من دهون مفسفرة، وبروتينات وجلايكونات جلوكوز أمين، ويتراوح قطر هذه الأجسام بين 1-2 µm ، وتنتج هذه الأجسام **مادة باسطة surfactant** تنتشر على أسطح حوصلات الرئة. وتتكون هذه المادة من **طبقة مائية aqueous** عليا **وطبقة دهنية أحادية lipid monolayer** سفلى (شكل 17)، والتي تساعد في تخفيض التوتر السطحي لخلايا الحوصلة الرئوية. ويؤدي ذلك إلى إدخال الهواء إلى الرئتين بجهد أقل، كما تمنع انهيار الحوصلات الرئوية أثناء الزفير وقتل البكتيريا التي تتسرب إلى الحوصلات. تجدر الإشارة إلى أن المادة الباسطة تظهر في الأسابيع الأخيرة من الحمل، ويتزامن ذلك مع ظهور الأجسام الصفائحية في الخلايا الحوصلية II.



(**شكل** 17) رسم يبين مكونات خلية حوصلية من نوع II. لاحظ وفرة الأجسام الصفائحية والشبكة الإندوبلازمية الخشنة والروابط بينها وبين خلية حوصلية من نوع I.



(**شكل** 18) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية حوصلية II. لاحظ الأجسام الصفائحية (أسهم) التي تحتوي مادة باسطة للسطح. G= جسم جولجي؛ JC= مركب رابط مكون من أجسام رابطة وروابط محكمة؛ RER= شبكة إندوبلازمية خشنة؛ RF= ألياف شبكية.

د. **الخلايا الليفية fibroblasts**، وتصنع ألياف كولاجين والألياف المرنة إضافة إلى جلايكانات جلوكوز أمين. وإذا ما زاد تصنيع ألياف كولاجين عن الحد المطلوب تنشأ حالة تسمى **تليف الرئتين lung fibrosis**.

هـ. **الخلايا الأكولة macrophages**، وتسمى أيضاً **الخلايا الترابية dust cells**، وتشتق من **الخلايا الوحيدة monocytes**، ومن أهم صفاتها:

- توجد داخل **الفاصل الحوصلي alveolar septum** (شكل 13)، وغالباً ما تلاحظ على سطح الحوصلات.
- تزيل خلايا الدم الحمراء التي قد تدخل الحوصلات الرئوية، وخاصة في حالة اختناق الرئتين بالدم عند هبوط القلب، وفي هذه الحالة تسمى الخلايا الأكولة **خلايا هبوط القلب heart failure cells**.

و. **الخلايا الانقباضية contractile cells**، وتوجد ملتصقة بالسطح القاعدي للخلايا الطلائية الحوصلية. وتنقبض هذه الخلايا لتقلل من حجم الحوصلة الرئوية وخاصة عند وصول أجسام مضادة إلى تلك الحوصلات.

3. تجدّد بطانة حوصلات الرئة Alveolar Regeneration

تؤذي بعض المواد السامة مثل NO_2، وكذلك التدخين والملوثات البيئية، بطانة حوصلات الرئة لدرجة تدمر فيها معظم خلايا تلك البطانة، وخاصة الخلايا الحوصلية من نوعي I و II. ويتأتى عن هذا الوضع زيادة انقسام ما يتبقى من خلايا النوع II وتحوّل جزء كبير منها إلى النوع I، وبذلك تستعيد بطانة الحوصلات وضعها الطبيعي. و تحت ظروف طبيعية تتجدد الخلايا من النوع II بنسبة 1% كل يوم، ويتحول بعضها إلى النوع I. وينتج عن إتلاف بطانة الحوصلات الرئوية إنقاص السطح التنفسي للرئتين، وبالتالي **نفاخ الرئة emphysema**، وهذا ما يؤدي إلى ضعف كفاءة الجهاز التنفسي، ومن أسباب هذا المرض التدخين وتلوث الهواء.

4. الأوعية الدموية الرئوية Pulmonary Blood Vessels

تشمل الدورة الدموية في الرئتين **شرايين رئوية pulmonary arteries** و**أوردة رئوية pulmonary veins**، وتشكل المجموعتان **الأوعية الوظيفية functional vessels** (شكل 19).

1.4 **الشرايين الرئوية**

وتتسم بما يلي:

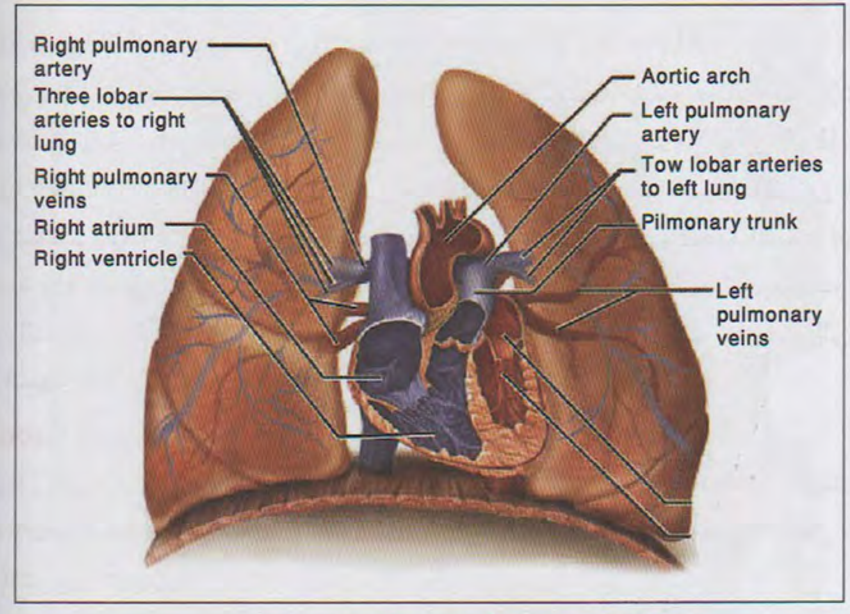
- لها جدر رقيقة، ذلك أنها تتعرض لضغط قليل.
- تحتوي عضلات ملساء وألیافاً مرنة، ولها غشاء داخلي مرن.
- تتفرع داخل الرئة وتتماشى تفرعاتها مع تفرعات الشعيبات (شكل 20). وعند مستوى قنوات حوصلات الرئة تشكل أفرع الشرايين الرئوية شبكة شعيرات في الفاصل بين الحوصلات (شكل 20)، وتلتصق مع بطانة الحوصلات، وتعتبر شبكة شعيرات الرئة أكثر الشبكات نموا في الجسم.

2.4 **الأوردة الرئوية**

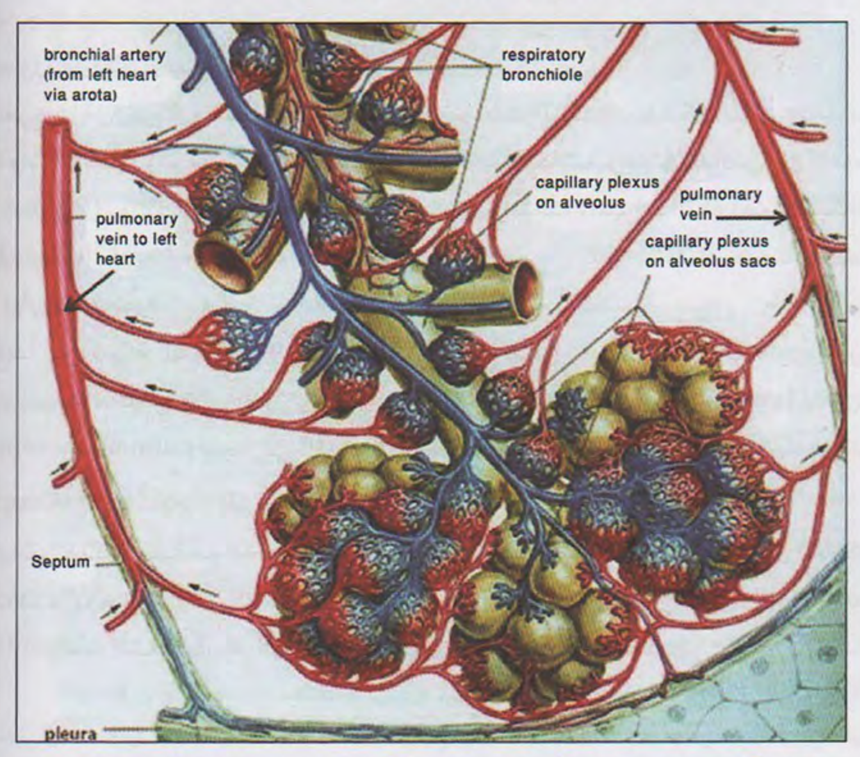
وتنشأ من شبكة الشعيرات الرئوية وتغطى بنسيج ضام رقيق. وتندمج عدة وريّدات لتكون أوردة صغيرة ثم كبيرة تسير مع تفرعات الشعيبات باتجاه **نقير الرئة lung hilum** لتكون **وريداً رئوياً pulmonary vein** يتجه إلى القلب الأيسر (شكل 20).

5. الأوعية اللمفاوية الرئوية Lymphatic Pulmonary Vessels

تتماشى هذه الأوعية مع الشعب الرئوية وتفرعاتها، كذلك توجد في الحواجز بين الحوصلات. وتصب هذه الأوعية في العقد اللمفاوية بمنطقة **نقير الرئة lung hilum**، ولا توجد الأوعية اللمفاوية في كافة تفرعات الشعيبات، إذ أنها تصل لنهايات القنوات الحوصلية فقط.



(**شكل** 19) رسم يبين الأوعية الدموية الرئوية الرئيسة.



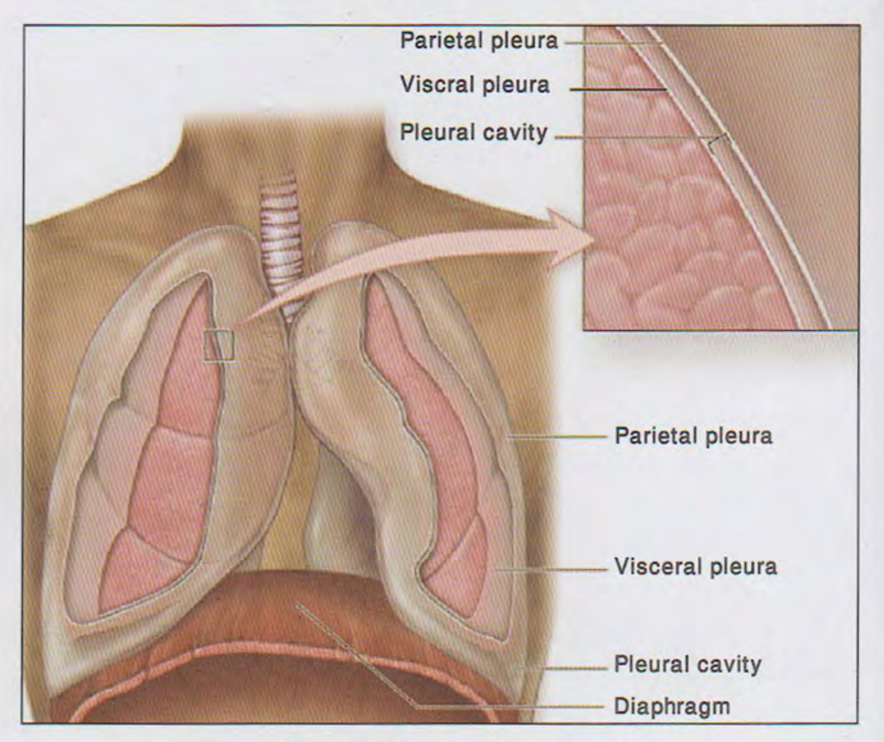
(**شكل** 20) رسم يبين تفرعات الأوعية الدموية الرئوية الرئيسة حول الحوصلات والأكياس الحوصلية.

6. الأعصاب الرئوية Pulmonary Nerves

توجد معظم الأعصاب الرئوية في النسيج الضام الذي يحيط بالممرات التنفسية الكبيرة. وتعصب الرئة بأعصاب ودية وأخرى نظير ودية، ويخرج منها **أعصاب حشوية visceral nerves** تحمل إحساسات ألم ضعيفة. ويُسبب حفز الأعصاب الودية توسعة قصيبات الرئة، بينما يؤدي حفز الأعصاب نظير الودية إلى تضيقها.

7. جنبة الرئة Lung Pleura

تحاط كل رئة بغشاء مصلي يدعى **جنبة الرئة lung pleura** (شكل 21)، يتكون من طبقتين: **جدارية parietal خارجية** و**حشوية visceral** داخلية، تحيطان بـ **تجويف الجنبة pleural cavity** (شكل 21) الذي يبطن بنسيج طلائي حرشفي بسيط، يرتكز على ألياف كولاجينية ومرنة. وفي الظروف الاعتيادية يحتوي هذا التجويف مسحة رقيقة من مادة مليّنة تسمح بإنزلاق الطبقتين المذكورتين دون احتكاك خلال عمليتي الشهيق والزفير. وفي بعض الحالات المرضية يحتوي تجويف الجنبة سائلاً يتسرب من بلازما الدم أو قد يحتوي هواء.



(**شكل** 21) رسم يبين مكونات جنبة الرئة

8. أليات الدفاع في الجهاز التنفسي

يتعرض الجهاز التنفسي لمؤثرات سلبية قد تأتي من الدم أو من الهواء، ولذلك فإن هذا الجهاز يتزود بآليات دفاعية تتمثل بالتقاط الجسيمات الصغيرة بواسطة إفرازات الغدد المخاطية، وطردها إما عن طريق السعال أو الابتلاع. كذلك فإن الخلايا الأكولة الكبيرة والعقيدات اللمفاوية المنتشرة في أجزاء هذا الجهاز تساهم في التصدي للأجسام الغريبة.

14 الفصل الرابع عشر

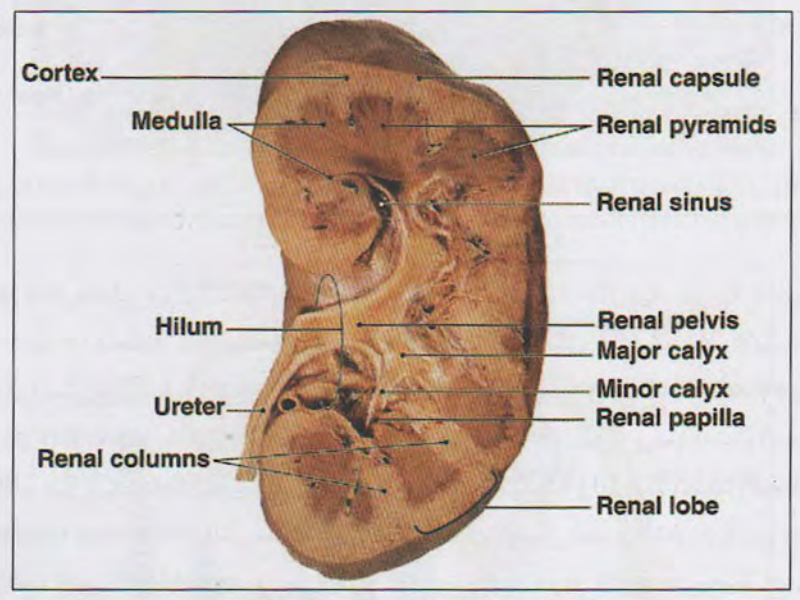
الجهاز البولي

Urinary System

يتشكل الجهاز البولي في الإنسان من كليتين وحالبين ومثانة بولية وإحليل. ومن أبرز وظائف هذا الجهاز هي المحافظة على استقرار التوازن الكيميائي في الجسم، ويكون ذلك بطرح الفضلات الأيضية عن طريق البول. إضافة لذلك، يعمل هذا الجهاز على تنظيم سوائل الجسم بما فيها من أيونات. في هذا الفصل سنعالج التركيب النسيجي لمكونات الجهاز البولي، إضافة إلى بيان وظائفها.

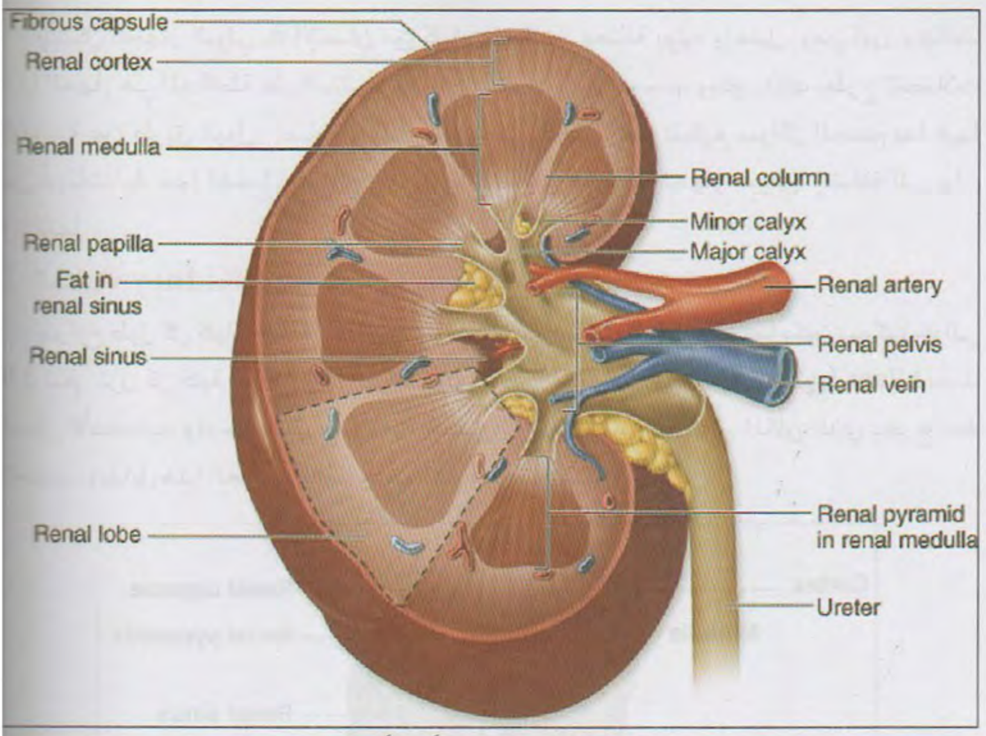
1. الكلية Kidney

يتراوح طول كل كلية بين 10 و12 سم، ويبلغ عرضها حوالي 6.0 سم، بينما يكون سمكها حوالي 3.0 سم. تزن كل كلية حوالي 150 غراماً، ولها جانب مقعر يدعى **الصرّة (النقير) hilum** حيث تدخل الأعصاب، وتدخل وتخرج الأوعية الدموية واللمفاوية، وهو نفس المكان الذي يخرج منه الحالب، ويقابل هذا الجانب المقعّر جانب آخر محدب (شكل 1).



(**شكل 1**) صورة لمقطع طولي في كلية

يحيط نسيج الكلية بتجويف يدعى **جيب الكلية renal sinus** الذي يحتوي **حوض الكلية renal pelvis**، الذي يمثل الجزء العلوي المتسع للحالب، وينقسم إلى **كأسين رئيستين major calyces** أو ثلاثة، وتتفرع كل منها إلى عدة **كؤوس فرعية minor calyces** صغيرة (شكل 1، 2). وتوجد كل كلية داخل **كبسولة كلوية renal capsule** رقيقة تتكون من ألياف كولاجينية، ويحيط بهذه الكبسولة نسيج دهني.

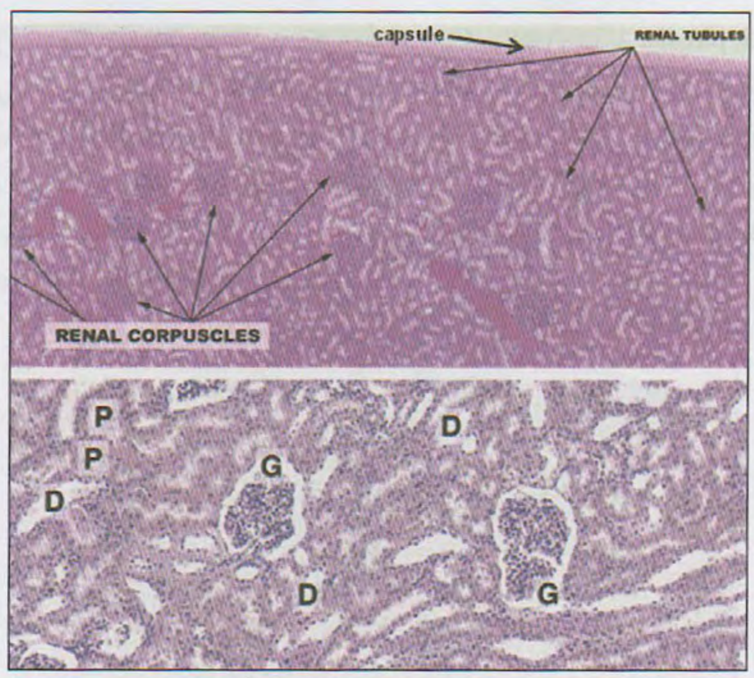


(**شكل** 2) رسم يبين مقطعاً طولياً في كلية

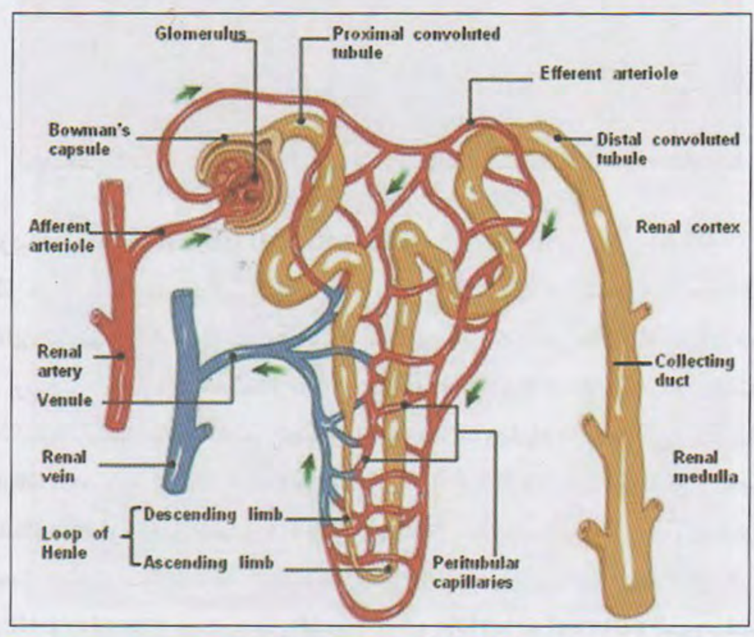
عند دراسة مقطع طولي للكلية يتبين أنها تتكون من منطقة خارجية حبيبية تدعى **القشرة** **cortex**، وأخرى داخلية مخططة تسمى **اللب medulla** (شكل 1، 2). وفي الإنسان، يتألف اللب من تراكيب مخروطية الشكل، تدعى **الأهرام الكلوية renal pyramids** أو **الأهرام اللبيّة** **medullay pyramids**، تشكل قواعدها مناطق اتصال اللب بالقشرة، بينما تمتد رؤوسها لتصل الكؤوس الفرعية (شكل2،1). ويوجد في رأس كل هرم عدة ثقوب (10-20)، تمثل فتحات **قنوات التجميع collecting ducts** التي سنتحدث عنها لاحقاً. ويشكل نسيج القشرة الذي يحيط بكل هرم لبي **فصاً كلويا renal lobe**. ويمتد نسيج القشرة بين الأهرام اللبية على هيئة **أعمدة كلوية** **columns renal** (شكل 1، 2).

1.1 النفرونات Nephrons

هذه وحدات التركيب والوظيفة في الكلية، يتجمع الجزء الأعظم منها في القشرة (شكل 3)، ويبلغ عددها في الكلية الواحدة حوالي مليون. والنفرون أنيبيب ملتو طوله حوالي 55 ملم، له جزء متسع يدعى **الكريّة الكلوية renal corpuscle**، الذي يتصل بـ **أنيبيب ملتو دانٍ** **proximal convoluted tubule**، وعروة هنلي **Henle's loop** وأنيبيب ملتو قاص **distal con-voluted tubule** (شكل 4) يتصل بـ **قناة تجميع collecting duct**. وإذا وصلت نفرونات الكلية مع بعضها ، فإننا نحصل على أنيبيب يبلغ طوله حوالي 60 كلم.

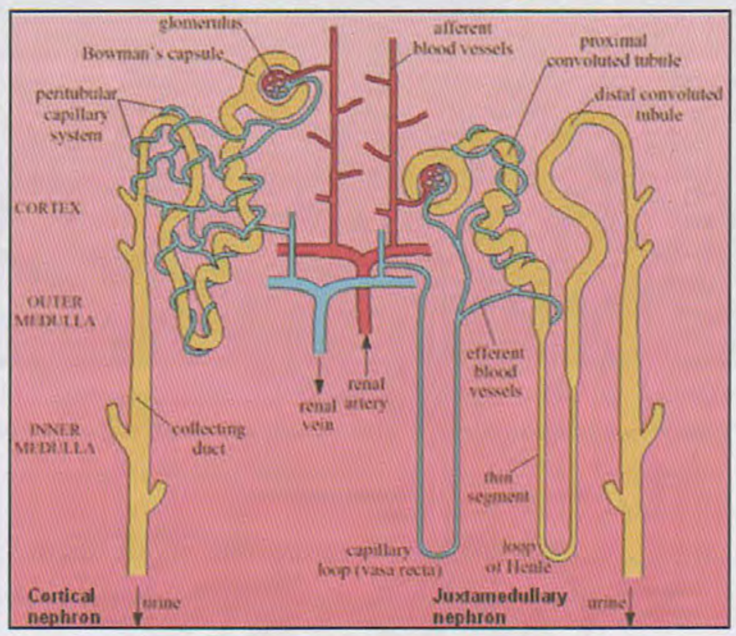


(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات قشرة كلوية وأهمها الأنيبيبات الكلوية والكريات الكلوية (فوق) التي تحتوي كبيبات (G) (تحت). لاحظ الأنيبيبات الملتوية الدانية (P) والأنيبيبات الملتوية القاصية (D).



(**شكل** 4) رسم يبين مكونات النفرون

وتتجمع معظم النفرونات في قشرة الكلية وتسمى **النفرونات القشرية cortical nephrons**. ويقع حوالي 15% منها في منطقة اتصال القشرة باللب، ولذلك يطلق عليها اسم **النفرونات المجاورة للب juxtamedullary nephorns** التي تتصف بـ **عروات هنلي Henle's loops** طويلة تمتد داخل لب الكلية. ولهذه العروات أطراف هابطة وصاعدة طويلة (شكل 5). وتشارك كل النفرونات بأعمال الكلية، وهي الترشيح، والامتصاص والأطراح. وللنفرونات المجاورة للب أهمية خاصة، ذلك أنها تساهم في إخراج بول بضغط إسموزي مرتفع.

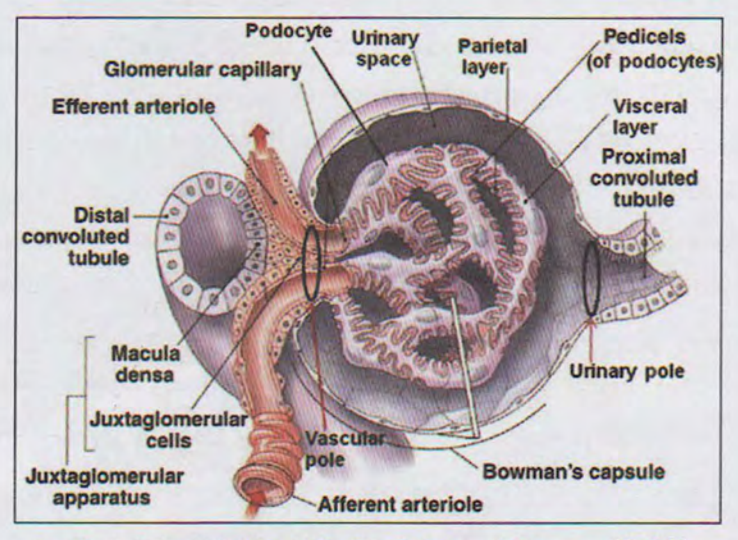


(**شكل 5**)رسم يبين نفرون قشري وآخر مجاور للب الكلية

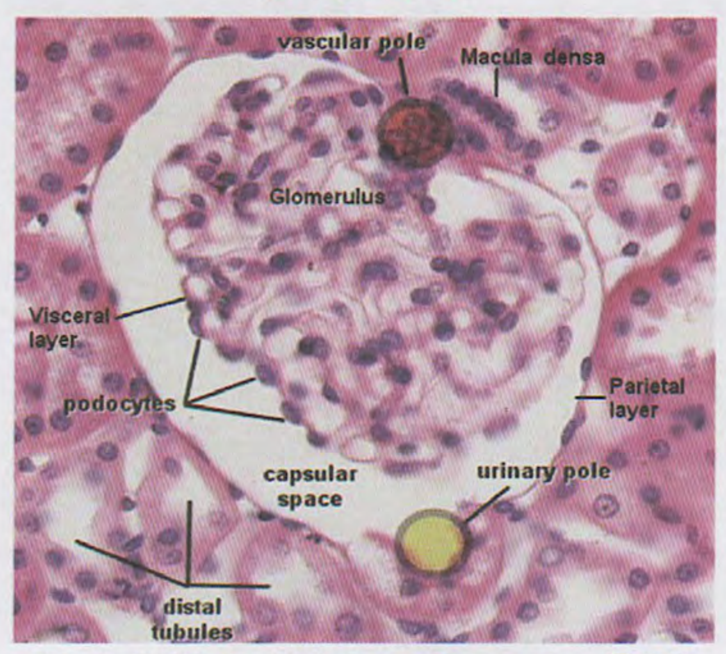
1.1.1 الكرية الكلوية Renal Corpuscle

يبلغ قطر كل كرية كلوية حوالي 200 µm، وتتكون من شبكة من شعيرات دموية تدعى **كبيبة glomerulus**، تحيط بها كبسولة كأسية الشكل ذات جدار مكون من طبقة داخلية وأخرى خارجية (شكل 6). وتسمى الكبسولة **محفظة بومان Bowman's capsule**، وتحيط طبقتها الداخلية بشعيرات الكبيبة ويطلق عليها اسم **الطبقة الحشوية visceral layer**، أما الطبقة الخارجية فتدعى **الطبقة الجداريّة parietal layer** (شكل 6، 7). ويوجد بين الطبقتين **الحيز الكبسولي capsular space** (أو **الحيز البولي urinary space**) الذي يصب فيه السائل الذي يرشح من الدم عبر جدر الشعيرات والطبقة الحشوية. وكما يتضح من الشكلين 6 و7 فإن لكل كرية كلوية **قطب دموي vascular pole** حيث يدخل **الشريَن الوارد afferent arteriole** الذي ينقسم إلى أفرع أولية (يتراوح عددها بين 2 و5)، ينقسم كل منها بدوره إلى شعيرات دموية تكوّن بمجملها الكبيبة

glomerulus الكلوية. ويقابل القطب المذكورمنطقة تسمى **القطب البولي urinary pole** الذي يبدأ منه **الأنيبيب الملتوي الدائي proximal convoluted tubule** (شكل 6، 7).



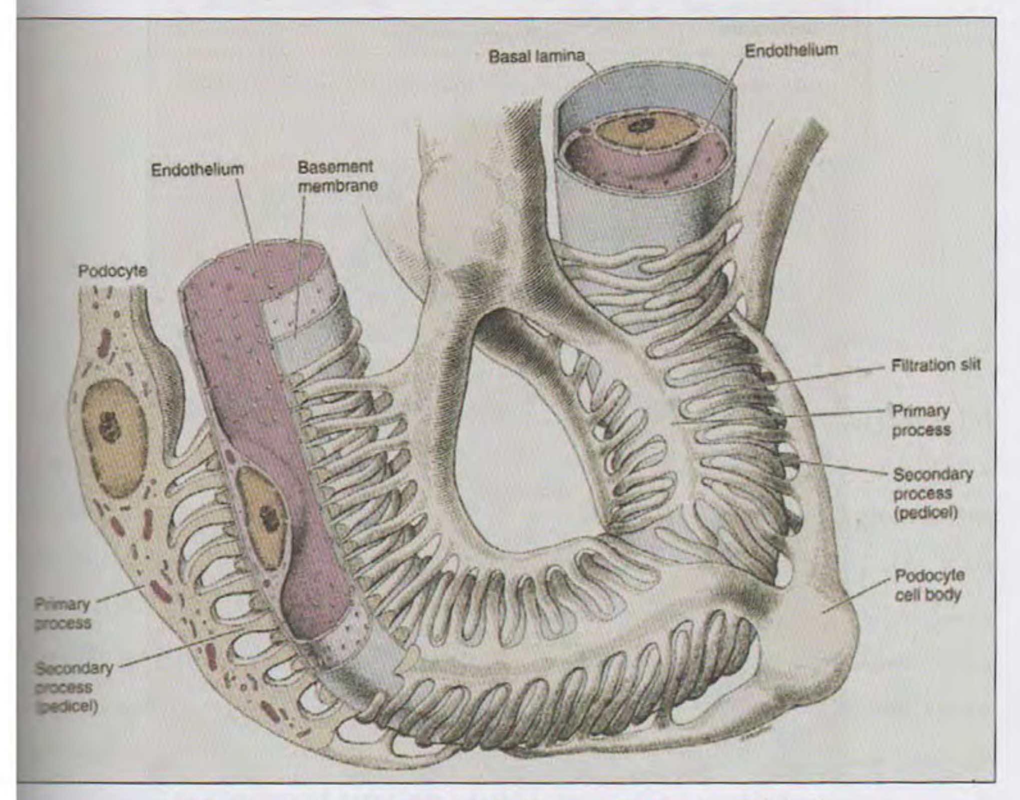
(**شكل 6**) رسم بيعد ثلاثي يبين مكونات الكرية الكلوية. لاحظ الجهاز المجاور للكبيبة والقطبين البولي والدموي.



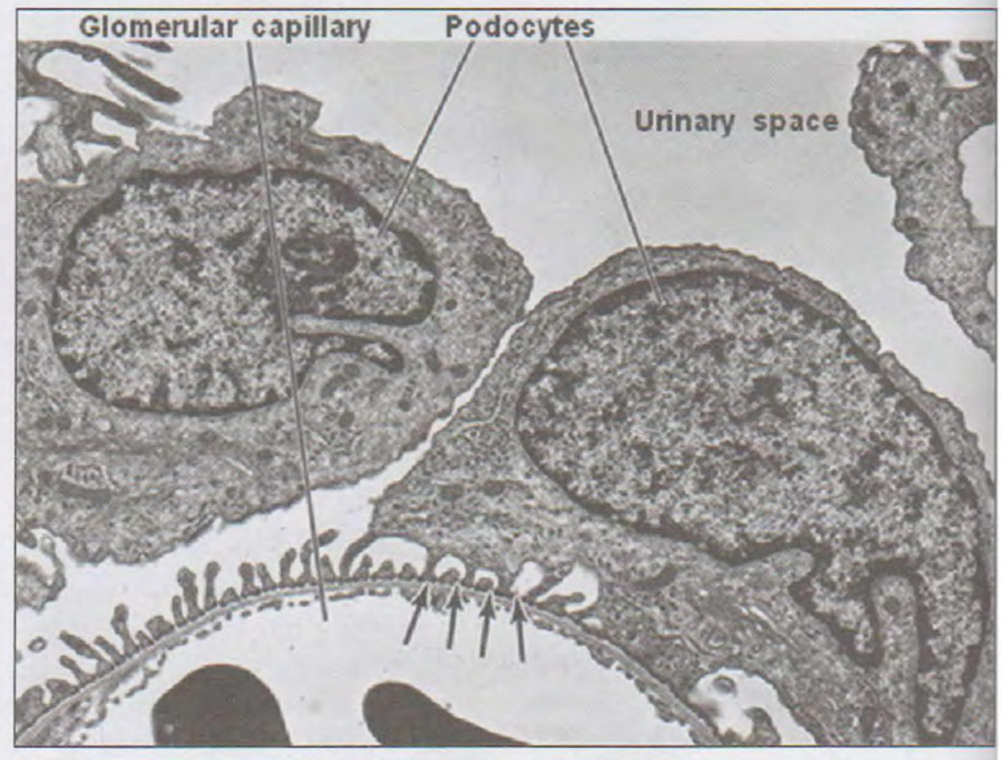
(**شكل 7**) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات كرية كلوية. لاحظ الطبقتين الجدارية والحشوية والقطبين البولي والدموي.

أ. **الطبقة الجدارية Parietal Layer**: تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي حرشفي بسيط يرتكز على صفيحة قاعدية وطبقة رقيقة من الألياف الشبكية. وعند القطب البولي يتحول هذا النسيج إلى طلائي مكعب بسيط (شكل 7).

ب. **الطبقة الحشوية Visceral Layer**: تتشكل هذه الطبقة من خلايا **قدمية podocytes** (شكل 6-8) لها عدة **بروزات أولية primary processes**، يتفرع كل منها إلى عدة **بروزات ثانوية secondary processes** (**رجيلات pedicels**) (شكل 7-8)، تلتف حول شعيرات الكبيبة وترتكز على **صفائحها القاعدية basal lamina** (شكل 8-10). وتتداخل البروزات الثانوية وتشكل حيزاتها البينية **شقوق ترشيح filtration slits** تبتعد عن بعضها بمسافة 25 nm. وتمتد بين تلك الشقوق حواجز عرضية شبيهة بـ **الثقوب fenestrations** الموجودة في الشعيرات الدموية المجاورة (شكل 8-10). ويحتوي سيتوبلازم الخلايا القدمية وفرة من الريبوسومات الحرة، وأعداداً قليلة من الميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية بسيطة، وبعض الخييطات الدقيقة. أما البروزات الثانوية فتحتوي عدة أنيبيبات وخييطات دقيقة.



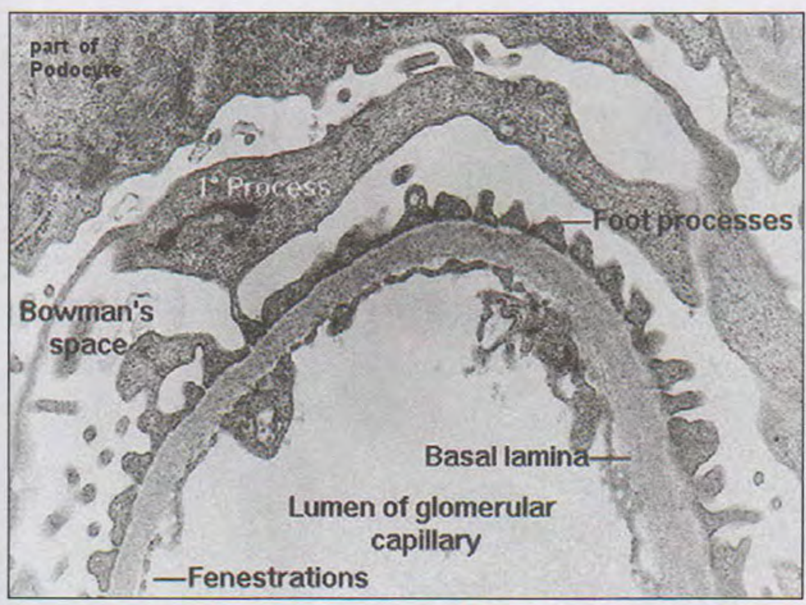
(**شكل 8**) رسم ببعد ثلاثي لخلية قدمية. لاحظ شقوق الترشيح بين بروزاتها الثانوية.



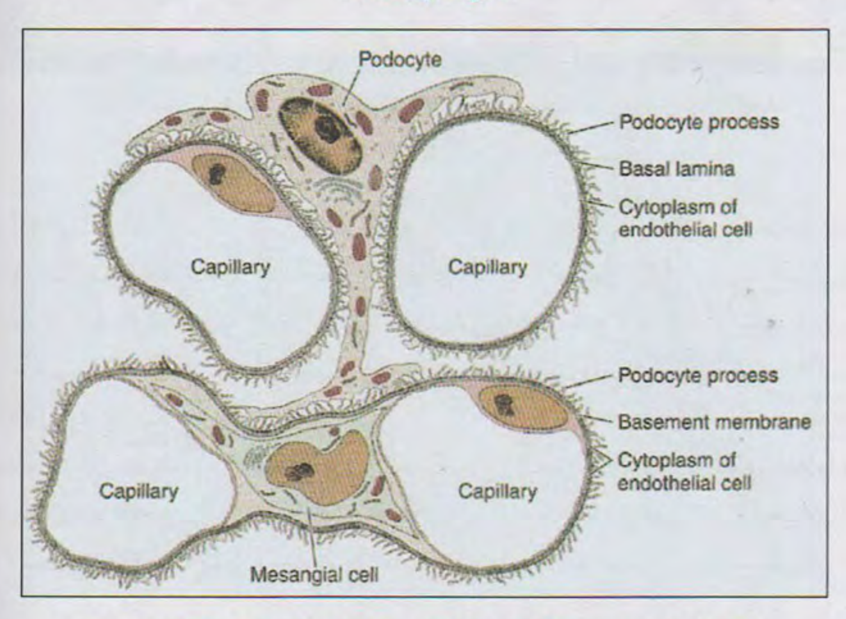
(**شكل** 9) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين جسمي خليتين قدميتين والبروزات الثانوية (أسهم) التي تتجاور مع ثقوب شعيرة كبيبية.

وكما ذكرنا سابقاً، ترتكز البروزات الثانوية على صفائح قاعدية تمثل اندماجاً للصفائح القاعدية التي تكونها الخلايا القدمية والشعيرات الدموية (شكل 10)، وبينت الدراسات بأن الصفيحة القاعدية المشتركة المشار إليها تعمل كمرشح انتقائي للجزيئات الكبيرة، بحيث لا تعبرها الجسيمات التي يزيد قطرها عن 10 nm، وكذلك البروتينات سالبة الشحنة التي يزيد كتلتها الجزيئية عن 70 KD a

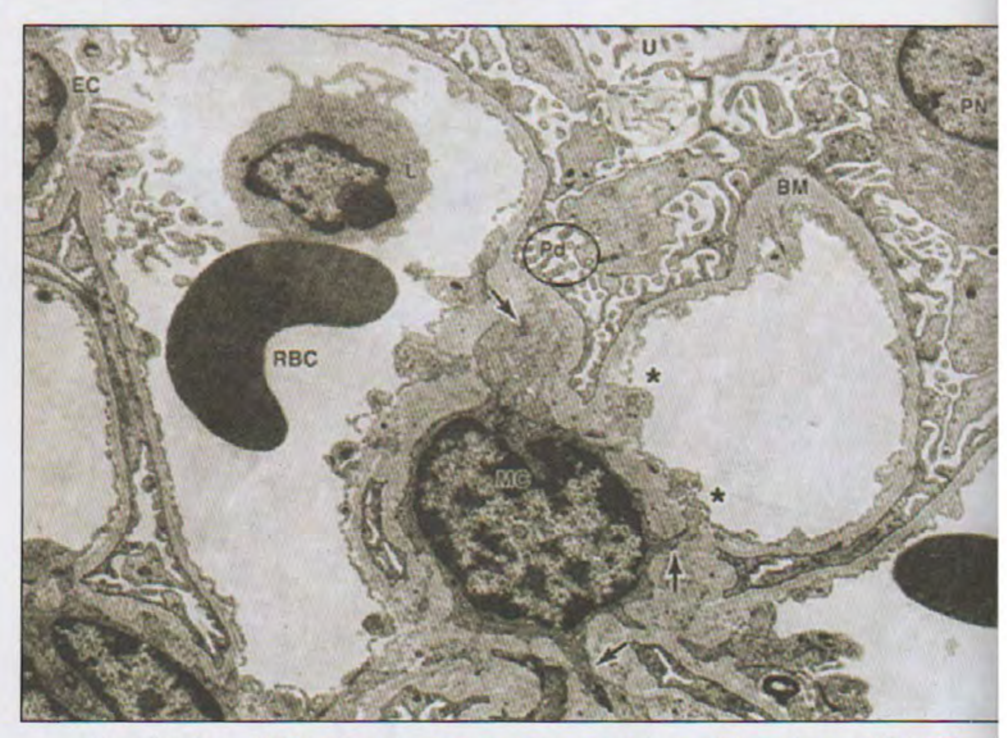
إضافة إلى الخلايا البطانية والخلايا القدمية، فإن شعيرات الكبيبة تحاط بـ **خلايا وعائية وسيطة mesangial** (شكل 12،11). وفي هذه الحالة، تحاط الشعيرات الدموية والخلايا المذكورة بصفيحة قاعدية واحدة، وتمتد من تلك الخلايا بروزات سيتوبلازمية تتسلل بين الخلايا المبطنة للشعيرات لتصل إلى تجاويفها. وتفرز الخلايا الوعائية الوسيطة مادة تحيط بها، وبذلك توفر دعامة لجدر الشعيرات، ويعتقد أن هذه الخلايا تعمل في تنظيف الصفيحة القاعدية من الجسيمات التي تتجمع أثناء عملية الترشيح المشار إليها آنفاً.



(**شكل** 10) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين العلاقة بين شعيرة دموية في كبيبية كلوية وبروزات خلايا قدمية متاخمة.



(**شكل** 11) رسم يبين العلاقة بين الخلايا المبطنة للشعيرات والخلية الوعائية الوسطية والخلايا القدمية.



(**شكل 12**) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين العلاقة بين خلية وعائية وسطية (MC) وبروزاتها (اسهم) التي تعبر بين الخلايا المبطنة للشعيرات (نجمة) لتصل تجاويفها. لاحظ بروزات الخلايا القدمية (Pd) ونواتها (Pn) والصفيحة القاعدية (BM) وخلية الدم الحمراء والخلية اللمفاوية (L) والحيز البولي (U).

2.1.1 الأنيبيب الملتوي الداني Proximal Convoluted Tubule

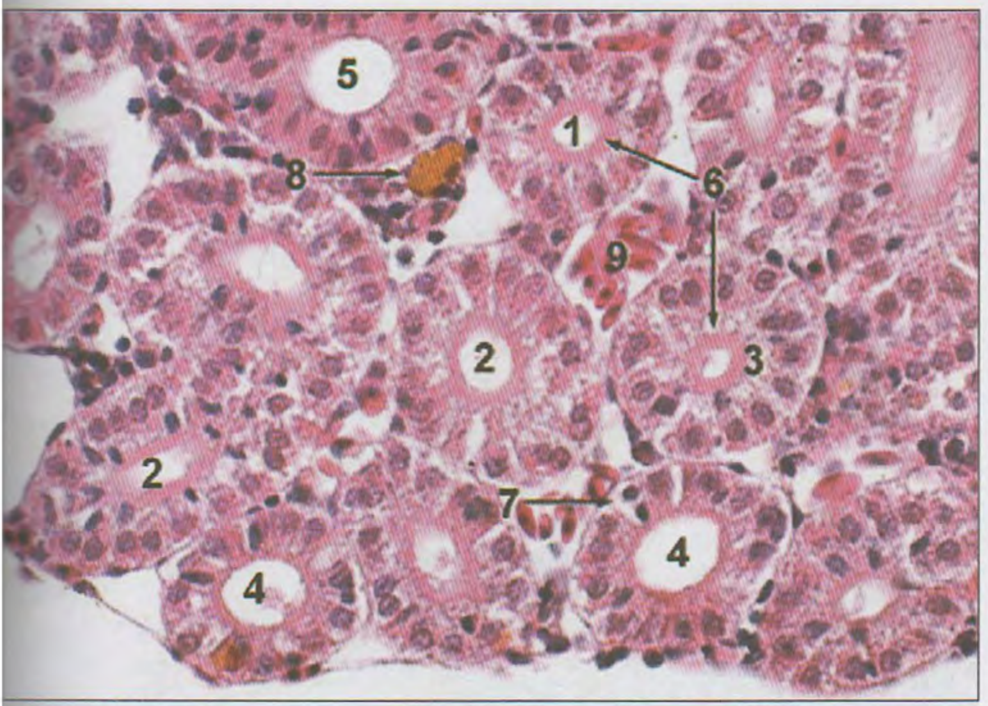
يبلغ طول هذا الأنيبيب حوالي 15 ملم بينما يبلغ قطره 60 µm. ويبطن هذا الأنيبيب بنسيج طلائي مكعب أو عمادي بسيط ويوجد في قشرة الكلية، وتتسم خلاياه بالصفات التالية (شكل 13-15):

أ. تحتوي أعداداً كبيرة من الميتوكوندريا وخاصة في قواعدها (شكل 15).

ب. تحمل خملات دقيقة متعددة تعزز كفاءتها الامتصاصية (شكل 13-15).

ج. نواها كروية ومركزية و يحتوي سيتوبلازمها عدة قنيّات بين قواعد الخملات الدقيقة، ولهذه القنيات دور هام في قدرة الأنيبيبات الدانية على امتصاص الجزيئات الكبيرة.

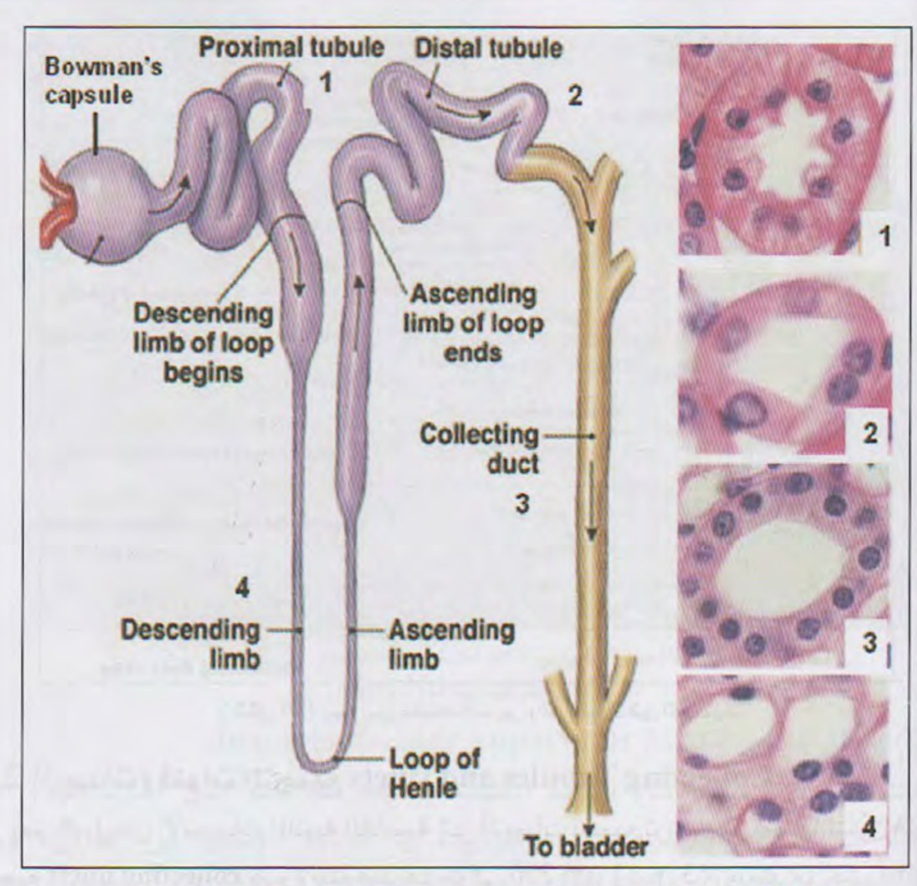
د. ينشأ من جوانبها انغمادات غشائية (شكل 15)، تحتوي مضخات K^+/Na^+ المسؤولة عن النقل النشط لأيونات الصوديوم .



(**شكل** 13) صورة مجهرية ضوئية تبين بعض مكونات قشرة الكلية، وتظهر الأنيبيبات الدانية (1-3) التي تتميز بوفرة خملاتها الدقيقة (6)، والأنيبيبات القاصية (4) وقناة التجميع (5). لاحظ منطقة انقسام خلوي (7) وخلية أكولة كبيرة (8) وخلايا دم حمراء (9). لاحظ المنطقة الوردية (خملات دقيقة) التي تبطن تجاويف الأنيبيبات الدانية والقاصية وهي أكثر في الأولى منها في الثانية.

3.1.1 عروة هنلي Henle's Loop

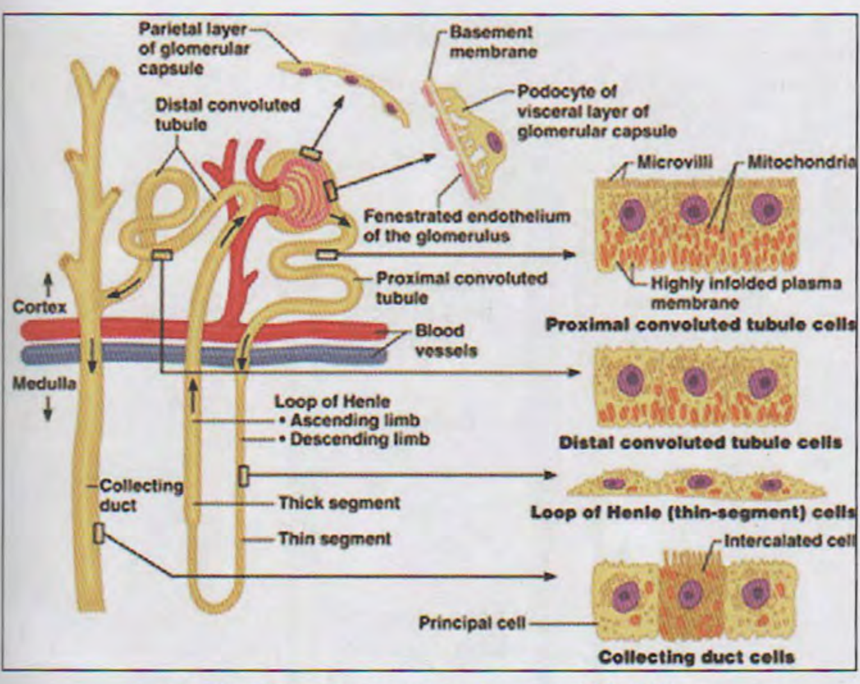
تشبه هذه العروة حرف U، ويبلغ طولها حوالي 16 ملم وقطرها حوالي 18 µm، وهي تتكون من طرف هابط وآخر صاعد (شكل 14). ويتكون **الطرف الهابط descending limb** من **جزء غليظ thick segment** وقطره حوالي 60 µm، ويشبه الأنيبيب الملتوي الداني في تركيبه ويوجد في قشرة الكلية (شكل 15،14)، إضافة إلى **جزء نحيف thin limb**، ويبلغ قطره حوالي 12 µm ويوجد في لب الكلية، وهو مبطن بنسيج طلائي حرشفي بسيط (شكل 15،14). أما **الطرف الصاعد ascending limb** فيتكون من جزء نحيف مبطن بخلايا حرشفية ويوجد في لب الكلية، وجزء غليظ يتصل بالأنيبيب الملتوي القاصي، وتبطنه خلايا مكعبة بسيطة (شكل 15،14).



(**شكل 14**) رسم لمكونات نفرون (يسار)، وصور مجهرية ضوئية لمقاطع عرضية في الأنيبيب الملتوي الداني (1) والأنيبيب الملتوي القاصي (2)، وقناة التجميع (3)، والجزء النحيف من عروة هنلي (4).

4.1.1 الأنيبيب الملتوي القاصي Distal Convoluted Tubule

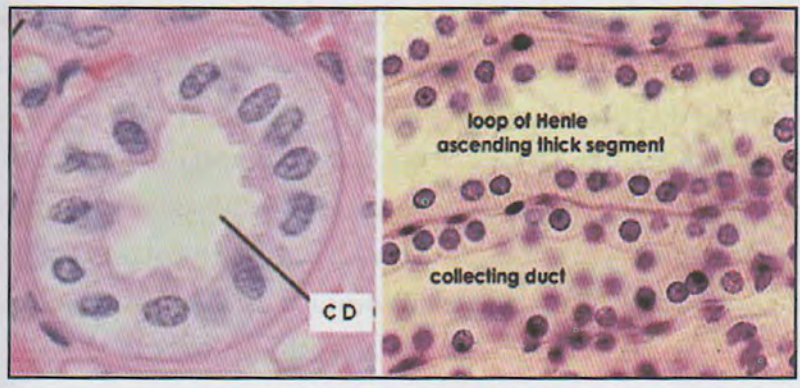
هذا هو الجزء الأخير من النفرون وهو متعرج جداً ويشكل امتداداً للطرف الصاعد الغليظ من عروة هنلي، ويوجد في قشرة الكلية، ويبطن بنسيج طلائي مكعب بسيط لخلاياه خملات دقيقة وميتوكوندريا أقل، كما أن لأغشية هذه الخلايا إنغمادات قاعدية (شكل 15). ويبلغ طوله حوالي 5 ملم ويتراوح قطره بين 20 و 50 µm. ويتلاصق هذا الأنيبيب أثناء مساره في قشرة الكلية ب **القطب الدموي vascular pole** لكرية الكلية التابعة لنفس النفرون، وفي هذا الموقع المجاور للكبيبة تصبح خلايا هذا الأنيبيب عمادية الشكل، وبسبب اكتظاظ نوى الخلايا تبدو المنطقة المشار إليها داكنة، ولذلك يطلق عليها اسم **البقعة الكثيفة macula densa** (شكل 7.6). ويعتقد أن لهذه النقطة دور في ضبط سرعة الترشيح في كبيبات الكلية وسنشير إلى هذه البقعة لاحقاً.



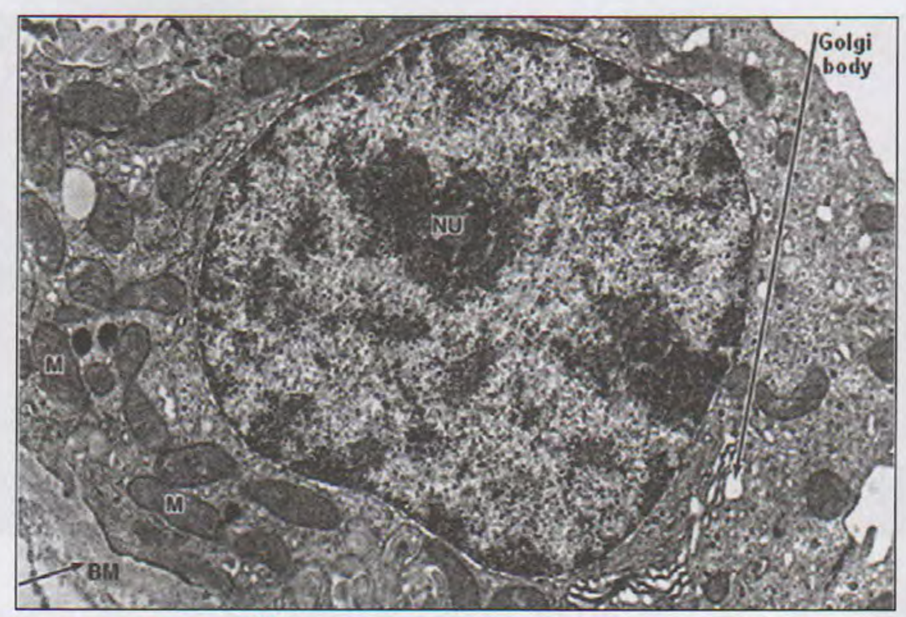
(**شكل** 15) رسم يبين مكونات النفرون والتركيب الدقيق لكل منها.

2.1 أنيبيبات وقنوات التجميع Collecting Tubules and Ducts

يمر البول من الأنيبيبات الملتوية القاصية إلى أنيبيبات تجميع ترتبط مع بعضها لتكوّن **قنوات تجميع collecting ducts** كبيرة يبلغ قطرها حوالي 200 µm (شكل 3)، وتمتد من قشرة الكلية إلى لبها حيث تتسع بالتدريج باقترابها من نهايات **أهرام اللب medullary pyramids**. يبلغ طول كل أنيبيب تجميع حوالي 20 ملم ويصل قطره إلى 40 µm. ويبطن بنسيج مكعب بسيط (شكل 16، 17) تحتوي خلاياه عدة ميتوكوندريا (شكل 17). وتساهم قناة التجميع في زيادة تركيز البول.



(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية لقناة تجميع في مقطع طولي (يمين) وآخر عرضي (يسار).

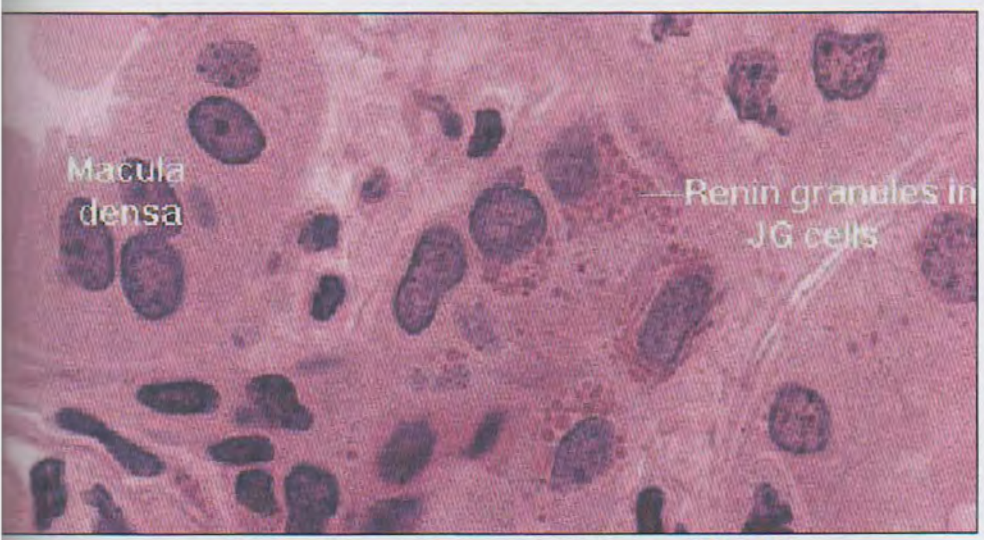


(**شكل** 17) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية من قناة تجميع. BM= صفيحة قاعدية؛ M= ميتوكوندريا؛ Nu= نوية.

3.1 الجهاز المجاور للكبيبة Juxtaglomerular Appartatus

يتشكل هذا الجهاز من **البقعة الكثيفة macula densa** التي أشرنا إليها آنفاً إضافة إلى الخلايا العضلية الملساء الموجودة في الطبقة الوسطى من **الشريّن الوراد afferent arteriole** للكلية (شكل 4-7). وتسمى الخلايا العضلية المشار إليها بـ **الخلايا المجاورة للكبيبة juxtaglomerular cells**، وهي تفرز مواد تساهم في ثبات ضغط الدم.

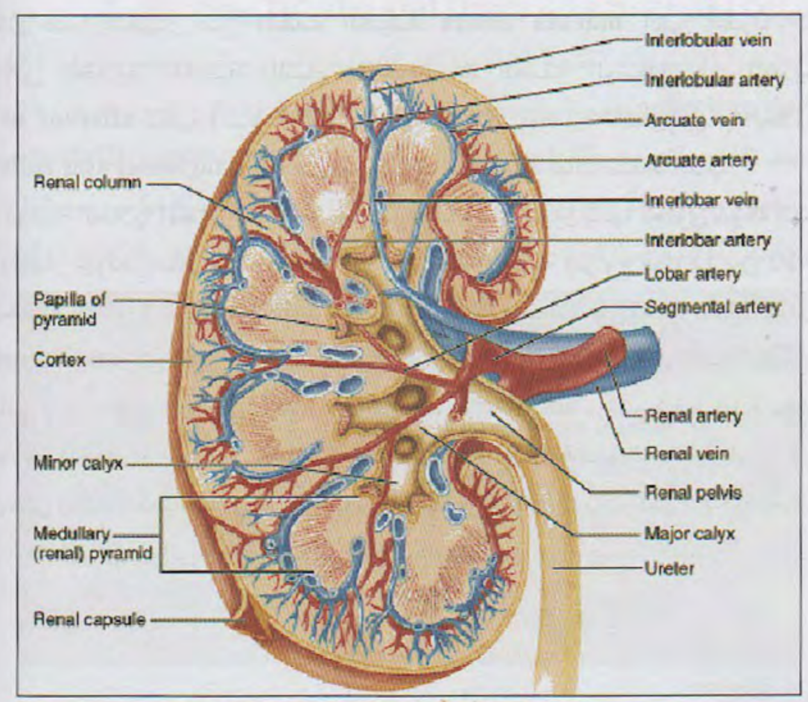
عند دراسة الخلايا المجاورة للكبيبة بالمجهر الإلكتروني يتبين بأنها تحتوي شبكة إندوبلازمية واسعة، وجهاز جولجي نام جداً، إضافة إلى حبيبات إفرازية يتراوح قطرها بين 10-40 nm، وتفرز الخلايا المذكورة **إنزيم رنين renin** (شكل 18) الذي يعمل على تحويل **مولّد الموتّر الوعائي angiotensinogen** إلى **الموتّر الوعائي angiotensin I** حيث يتحول تحت تأثير إنزيم رئوي إلى ببتيد ثماني يدعى **الموتّر الوعائي angiotension II**. ونتيجة لذلك يرتفع ضغط الدم بسبب تقلص الشريّنات وزيادة إفراز الهرمون **الدوسترون aldosterone** من قشرة الغدة الكظرية. ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص أيونات الصوديوم والكلوريد في أنيبيبات الكلية، وخاصة في الأنيبيب القاصي، وهذا ما يؤدي إلى زيادة السوائل في الدم وبالتالي يزداد ضغط الدم.



(**شكل** 18) صورة بالمجهر الضوئي تبين حبيبات رنين في خلايا مجاورة للكبيبة.

4.1 الدورة الدموية الكلوية Renal Blood Circulation

أ. تزود كل كلية بـ **شريان كلوي renal artery** ينقسم إلى فرعين قبل دخوله الكلية، واحد يرفد جزؤها الأمامي وآخر يزود جزؤها الخلفي (شكل 19).



(**شكل** 19) رسم يبين الدورة الدموية في الكلية.

ب. في صرّة الكلية يتفرع هذان الشريانان لتكوين **شرايين بين فصّية interlobar arteries** تقع بين الأهرام الكلوية (شكل 19). وفي منطقة اتصال قشرة الكلية باللب، تكوّن هذه الشرايين أوعية جديدة تسمى **شرايين مقوّسة arcuate arteries** التي تخرج منها شرايين بين فصيصية **interlobular arteries** تتبع مساراً متعامداً مع كبسولة الكلية (شكل 19).

ج. ينشأ من كل شريان بين فصيصي **شريّنات واردة afferent arterioles** تزود شعيرات الكبيبات بالدم (شكل 19).

د. يخرج الدم من شعيرات الكبيبات إلى **شريّنات صادرة efferent arterioles** تتفرع لتكوّن شبكة **شعيرات محيطة بالأنيبيبات peritubular capillary network** بحيث تزود الأنيبيبات الملتوية الدانية والقاصية بالمواد المغذية والأكسجين، وتأخذ منها الأيونات الممتصة والمواد ذات الأوزان الجزيئية الصغيرة. وتتبع الشبكة المذكورة مساراً مستقيماً باتجاه لب الكلية، ومن ثم ترتد إلى الخلف باتجاه منطقة لقاء القشرة باللب، وبذلك تشكل هذه الشبكة **أوعية مستقيمة vasa recta** (شكل 19).

هـ. تلتقي الشعيرات المحيطة بأنيبيبات الكلية مع **الأوعية المستقيمة vasa recta** التي تحيط بحلقة هنلي لتكوّن **أوردة بين فصيصيّة interlobular veins** (شكل 19)، ثم ينتقل الدم من هذه الأوردة إلى **أوردة مقوسة arcuate veins** ومنها إلى **أوردة بين فصية interlobar veins** التي تلتقي لتكون **الوريد الكلوي renal vein** الذي يخرج عبره دم الكلية ليعود إلى القلب (شكل 19).

5.1 فسيولوجيّة الكلية

تعمل الكلية على استتباب التركيب الكيميائي لجسم الإنسان، ويتم ذلك عبر ثلاث عمليات ينتج عنها تكوين البول، وهذه العمليات هي: **الترشيح filtration**، **والامتصاص absorption**، **والإطراح excretion**. ونظرا لأن هذا الموضوع ذو طبيعة فسيولوجية بحتة، فإننا نترك تفاصيله إلى مساق فسيولوجيا الإنسان.

تجدر الإشارة إلى أن حجم الدم الذي يمر في كليتي الإنسان البالغ يقدر بحوالي 1200 مل في الدقيقة الواحدة، وهذا يعني أن كل الدم في جسم الإنسان يمر في الكليتين كل أربع دقائق تقريباً. ويبلغ حجم الراشح من الكليتين حوالي 125 مل في الدقيقة الواحدة، ومن هذا الحجم يعاد امتصاص 124 مل ويطرح حوالي مللتر واحد في البول. وعليه، يبلغ حجم البول الذي يتكون يومياً حوالي 1.5 لتراً.

6.1 ضبط وظيفة الكلية

تضبط وظيفة الكلية بثلاث وسائل، هي:

أ. **الهرمون المضاد للإدرار Anti Diuretic Hormone ADH**: ويفرز من الفص الخلفي للغدة النخامية ويساعد في المحافظة على أكبر قدر من الماء عند تعرض الجسم لحالة جفاف أو

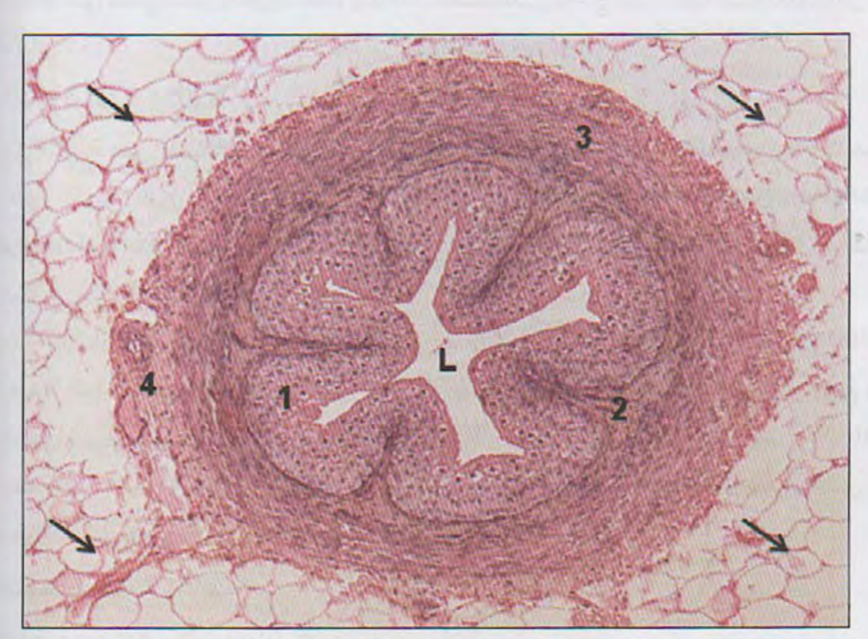
عند إدخال كميات قليلة من الماء إلى الجسم، كما يحدث أثناء الصيام. ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص الماء في قنوات التجميع.

ب. **الهرمون الأذيني المدّر للصديوم Atrial Natriuretic Protein ANP**: يفرز من الأذين الأيمن، ويحفز إدرار الصوديوم في البول، وينشط هذا الهرمون عند زيادة ضغط الدم نتيجة زيادة منسوب الصوديوم.

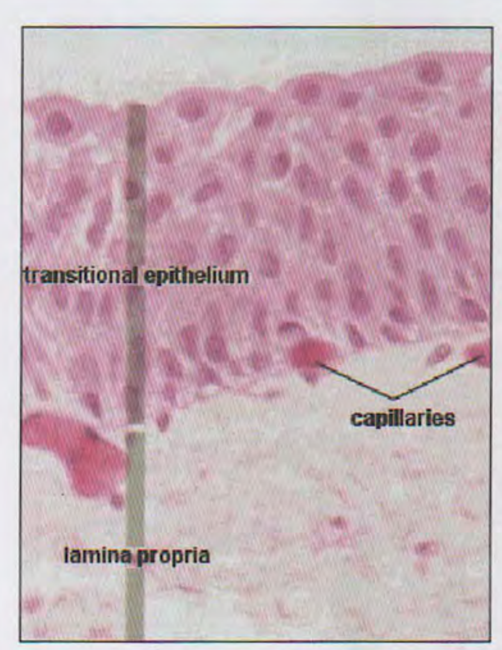
ج. **إنزيم رنين Renin Enzyme**: يفرز من **الجهاز المجاور للكبيبة juxtaglomerular apparatus** وذلك عند نقصان ضغط الدم بسبب انخفاض مستوى الصوديوم، و يعمل هذا الإنزيم على تحويل مولد **موتر الأوعية angiotensinogen** إلى **موترالأوعية angiotensin II** الذي يعمل كهرمون يحفز قشرة الغدة الكظرية لإفراز هرمون **ألدوسترون aldosterone** الذي يزيد امتصاص الصوديوم ويزيد بالتالي ضغط الدم.

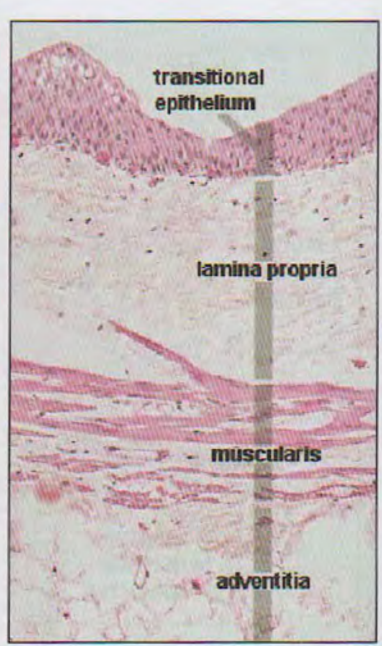
2. الحالب Ureter

الحالب أنبوب عضلي يبلغ طوله حوالي 27 سم، وقطره حوالي 1.5 سم، ينقل البول من حوض الكلية إلى المثانة البولية، ويتكون جداره من ثلاث طبقات، هي: **المخاطية mucosa** ويقع تحتها **طبقة مخصوصة lamina propria** تتشكل من نسيج ضام رخو، و**العضلية muscularis** و**الخارجية adventitia** (شكل 21.20).



(**شكل** 20) صورة بالمجهر الضوئي لجدار حالب بطبقاته المخاطية (1) والمخصوصة (2) والعضلية (3) والخارجية (4). لاحظ تجويف الحالب (L) والنسيج الدهني حوله (أسهم).





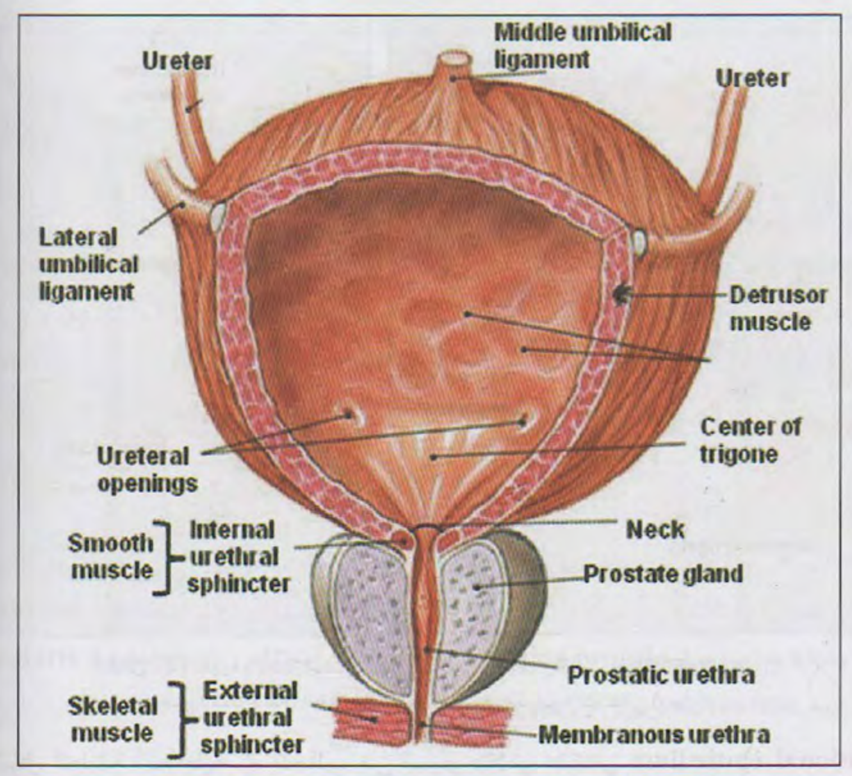
(**شكل** 21) صورة بالمجهر الضوئي لمقطع عرضي من جدار حالب بطبقاته الأربع (يمين) وصورة مكبرة تبين الخلايا السطحية المقببة في نسيجه الانتقالي (يسار).

تتشكل الطبقة المخاطية في الحالب من نسيج **طلائي انتقالي transitional epithelium** (شكل 21) يتكون من أربع إلى خمس طبقات خلوية، ويرتكز هذا النسيج على صفيحة قاعدية نحيفة تقع تحتها منطقة غنية بالألياف المرنة وبعض النسيج اللمفاوي. وبسبب الثنايا الطولية للطبقة المخاطية، يأخذ تجويف الحالب شكلاً نجمياً (شكل 20). وتتكون الطبقة العضلية من ألياف عضلية ملساء تنتظم طوليا من الداخل ودائريا إلى الخارج (شكل 20). وعند نهاية الحالب القريبة من المثانة البولية توجد طبقة عضلية ثالثة تقع إلى الخارج، وتنتظم أليافها بشكل طولي، وتنفصل الطبقات العضلية عن بعضها بنسيج ضام فجوي. أما الطبقة الخارجية من جدار الحالب، فإنها تتألف من نسيج ضام طري يحاط بنسيج دهني وافر (شكل 21،20).

تجدر الإشارة إلى أن جدار الحالب يزداد تغلظا كلما اقترب من المثانة البولية، وأن التركيب النسيجي المشار إليه يشبه إلى حد كبير ذلك الموجود في جدر المثانة البولية وحوض الكلية.

3. المثانة البولية Urinary Bladder

تقوم المثانة بإستلام البول من الحالبين (شكل 22) وتخزينه لحين إفراغه أثناء التبول. ويتشكل جدار المثانة من طبقة **مخاطية mucosa** تتكون من نسيج إنتقالي يرتكز على طبقة من نسيج ضام رخو، تقع إلى خارجها طبقة **عضلية muscularis** يقع فوقها طبقة **خارجية adventitia** تغطى بنسيج دهني (شكل 21).



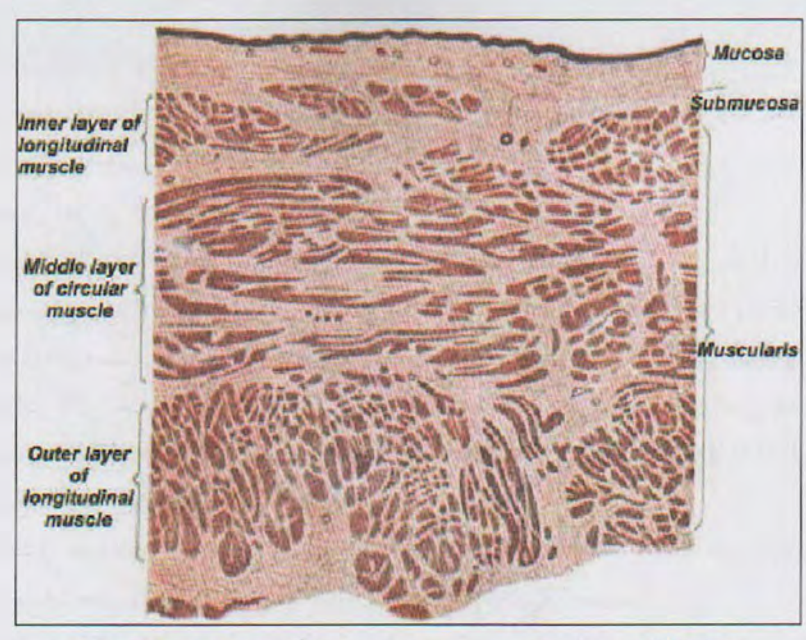
(**شكل** 22) رسم يبين علاقة المثانة البولية بالحالبين والبروستات والإحليل

تتوزع الخلايا العضلية في جدار المثانة في كل الاتجاهات، وعند التقائها في عنق المثانة، تنتظم هذه العضلات بثلاث طبقات هي:

أ. **داخلية طولية internal longitudinal**، تصبح دائرية عند ابتعادها عن العنق، وخاصة حول **إحليل البروستات prostatic urethra**، وتشكل ألياف هذه الطبقة العضلية **العاصرة اللاإرادية smooth sphincter** في المثانة (شكل 23،22).

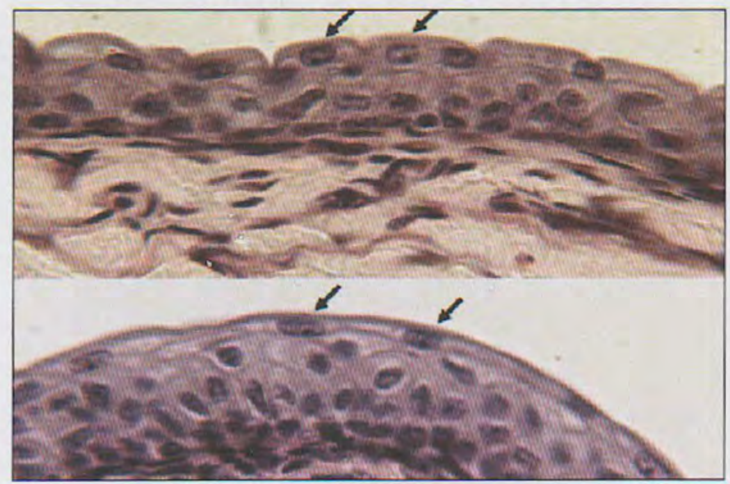
ب. وسطى دائرية، تنتهي في عنق المثانة، وهي الأغلظ. (شكل 23)

ج. **خارجية طولية external longitudinal** (شكل 23) تمتد حتى نهاية البروستات في الذكر وحتى قناة الإحليل الخارجية في الأنثى. وتغطى المثانة من الخارج بنسيج ضام طري رقيق.



(**شكل** 23) رسم يبين بمقطع عرضي مكونات جدار المثانة البولية وتوزيع طبقاته العضلية.

وفي المثانة البولية الفارغة يتكون النسيج الطلائي الانتقالي غير المتمدد من 5-6 طبقات خلوية، وتكون الخلايا السطحية كروية، وتأخذ أحياناً شكل قباب (شكل 22)، وغالباً ما تكون هذه الخلايا ثنائية النوى. أما النسيج الطلائي الانتقالي في المثانة الممتلئة بالبول، فإنه يتكون من 3-4 طبقات خلوية، وتبدو الخلايا المطلة على التجويف مسطحة (شكل 24).



(**شكل** 24) صورتان بالمجهر الضوئي لنسيج طلائي انتقالي في جدار مثانة بولية ممتلئة (فوق) وجدار مثانة فارغة (تحت). لاحظ رؤوس الخلايا المقببة (فوق، أسهم) والرؤوس المسطحة (تحت، أسهم).

4. الإحليل Urethra

يمثل هذا الممر أنبوبا يحمل البول من المثانة البولية إلى خارج الجسم. وفي الذكر، يحمل الإحليل السائل المنوي والبول، أما في الأنثى فإنه يحمل البول فقط.

1.4 إحليل الذكر Male Urethra

يتراوح طول الإحليل في الذكر بين 18 و20 سم، ويتشكل هذا العضو من ثلاثة أجزاء هي: **البروستاتي prostatic**، و**الغشائي membranous**، و**الكهفي cavernosum** (شكل 22).

أ. **الإحليل البروستاتي**: وهو الجزء الأولي وتحيط به غدة البروستات (شكل 22)، وتصب فيه القنوات التي تحمل إفرازات الغدة المذكورة. ويظهر في الجزء القاصي من هذا الإحليل منطقة منتفخة تصب فيها **قناتا القذف ejaculatory ducts**. ويبطن الإحليل البروستاتي بنسيج طلائي انتقالي.

ب. **الإحليل الغشائي**: وهو جزء قصير يبلغ طوله حوالي 18 ملم، ويمتد من الجزء السفلي للبروستات حتى **الجسم الكهفي corpus cavernosum** في القضيب.
ويحيط بهذا الإحليل عضلة هيكلية عاصرة، ويبطنه نسيج طلائي طبقي كاذب.

ج. **الإحليل الكهفي**: ويبغ طوله حوالي 15 سم، ويمر عبر **الجسم الكهفي corpus cevernosum** للقضيب. وتخرج من جدار هذا الجزء عدة انبعاجات، تحتوي خلايا مخاطية.

2.4 إحليل الأنثى Female Urethra

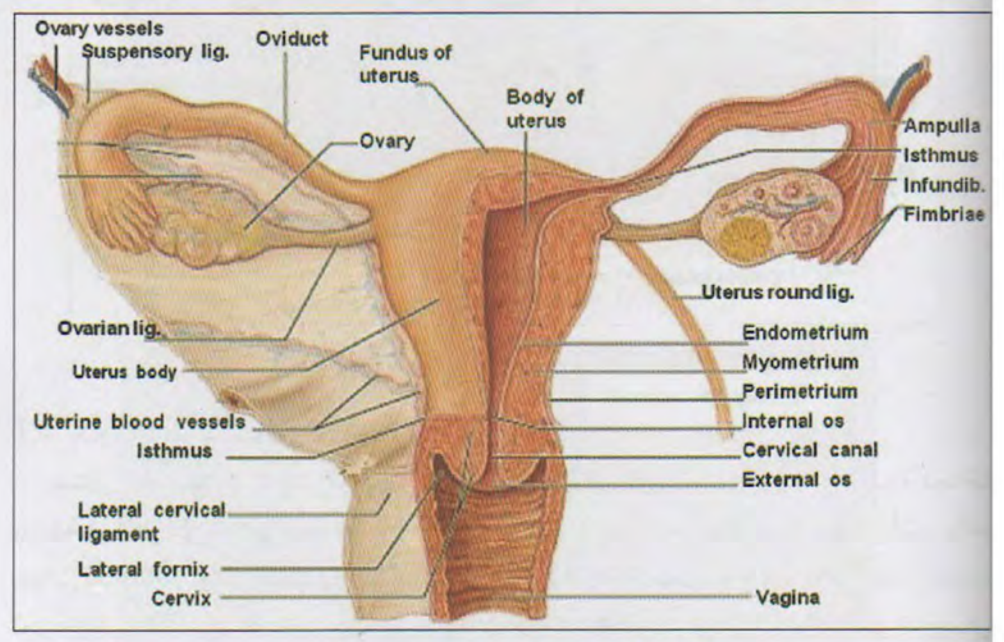
يبلغ طول هذا العضو حوالي 4 سم، يحيط بالجزء الأوسط منه **عضلة عاصرة sphincter** إرادية، تعزز عمل العضلات اللاإرادية التي تحيط بالبطانة الطلائية لهذا العضو. ويبطن الحالب بنسيج طلائي طبقي حرشفي ويوجد في بعض أجزائه نسيج طبقي كاذب.

الفصل الخامس عشر

15 الجهاز التناسلي الأنثوي

The Female Reproductive System

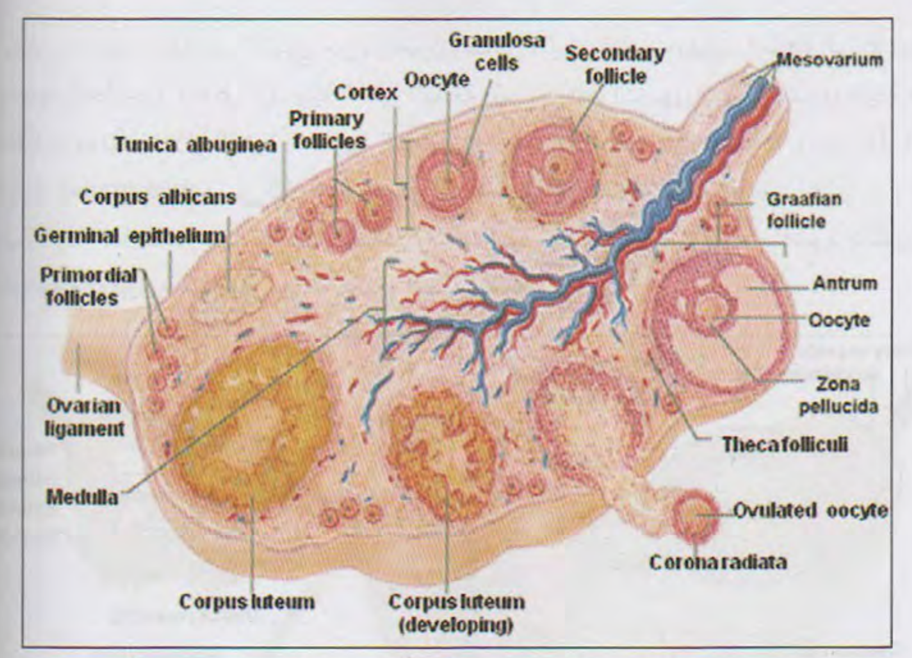
يتكون الجهاز التناسلي الأنثوي من مبيضين وقناتي مبيض ورحم ومهبل، إضافة إلى الأعضاء التناسلية الخارجية (شكل 1). وفي الأنثى البالغة، تحدث تغيرات دورية في تركيب ووظيفة هذه الأعضاء، وذلك خلال الفترة العمرية الواقعة بين بدء **الإحاضة menarche** (سن 12-14) و**الإياس menopause** (سن 45-50). وعلى الرغم من أن الغدد الثديية لا تعتبر جزءاً من هذا الجهاز، إلا أننا سندرسها في هذا الفصل، ذلك أنها تمر بتغيرات ترتبط مباشرة بالتغيرات النسيجية والوظيفية التي تمر بها الأعضاء التناسلية المشار إليها.



(**شكل** 1) رسم يبين مكونات الجهاز التناسلي الأنثوي.

1. المبيض Ovary

يشبه المبيض حبة اللوز، ويبلغ طوله حوالي 3 سم، وعرضه حوالي 1.5 سم وسمكه 1 سم. ويتصل المبيض برباط عريض من خلال **مسراق المبيض mesovarium** الذي يمتد من الرحم إلى جدار تجويف الحوض (شكل 1). ويتكون المبيض من منطقة محيطية غليظة تدعى **القشرة cortex** التي تحتوي **حوصلات follicles** في مراحل تمايز مختلفة، و**لب medulla** غني بالأوعية الدموية داخل نسيج ضام طري (شكل 2، 3). ويغطى السطح الخارجي للمبيض بنسيج طلائي حرشفي أو مكعب بسيط، يسمى **الطلاء الجرثومي germinal epithelum**، يوجد إلى داخله نسيج ضام كثيف يدعى **الغلاف الأبيض tunica albuginea** (شكل 2).



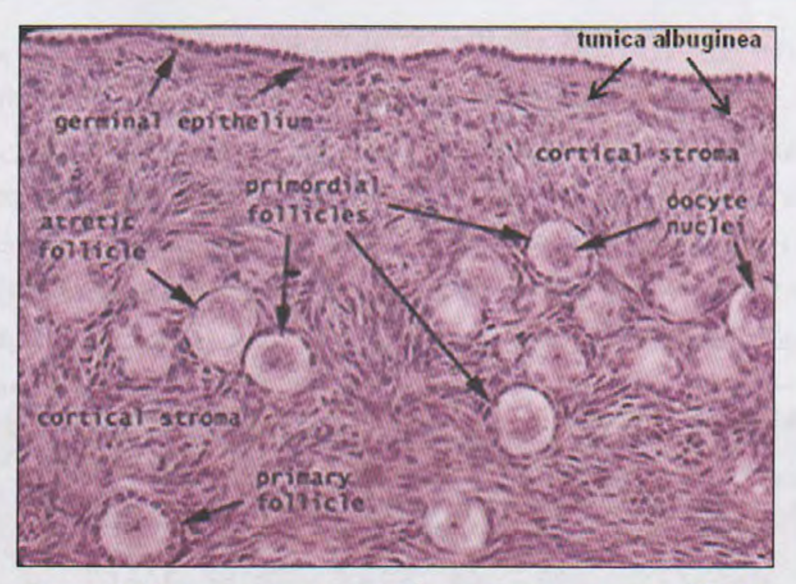
(**شكل 2**) رسم يبين مقطعاً طولياً في مبيض الإنسان.

1.1 حوصلات المبيض Ovarian Follicles

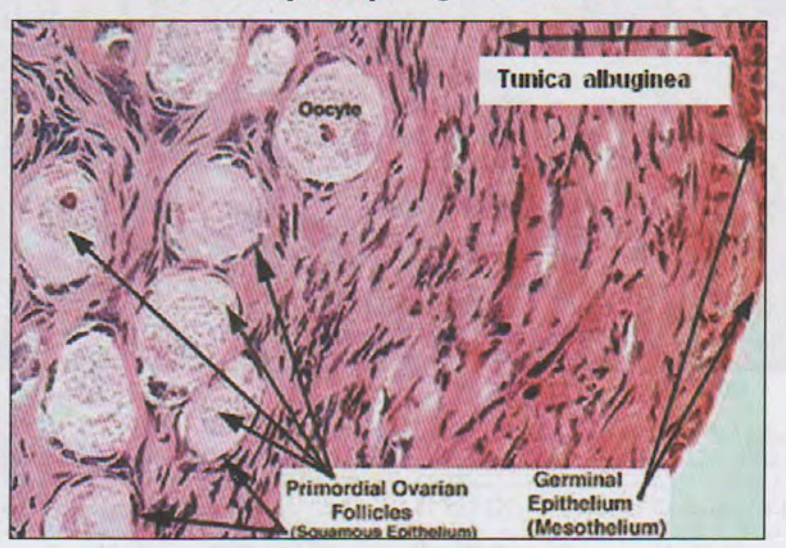
تنتشر الحوصلات في قشرة المبيض (شكل 2)، وتتكون كل حوصلة من خلية بيضية محاطة بطبقة أو أكثر من **خلايا حوصلية follicle cells**. ويبلغ عدد الحوصلات في مبيض أنثى بالغة حوالي 400،000، ولكن معظمها يتلاشى خلال الفترة الواقعة عند البلوغ. ومن هذا العدد الكبير، تمر حوالي 500 حوصلة بتغيرات تؤدي إلى **الإباضة ovulation** خلال الفترة المذكورة. ويمكن تصنيف حوصلات المبيض إلى أربعة أنواع، هي: البدائية والأولية والثانوية والناضجة.

1.1.1 الحوصلات البدائية Primordial Follicles

يكثر هذا النوع من الحوصلات في مبيض ما قبل الولادة، وتتكون كل حوصلة من **خلية بيضية أولية primary oocyte** تحاط بطبقة من خلايا حوصلية حرشفية (شكل 3-4). يبلغ قطر الخلية البيضية حوالي 25 µm، ولها نواة مركزية يوجد بالقرب منها مركب جولجي نام وتحيط به عدة ميتوكوندريا صغيرة وشبكة إندوبلازمية تحمل على سطحها ريبوسومات قليلة. وفي هذه الحوصلات، تكون أسطح الخلية البيضية الأولية والخلايا الحوصلية المحيطة بها ملساء ومتقاربة. أما الخلايا الحوصلية فإنها تحتوي شبكة إندوبلازمية وقطيرات دهنية وميتوكوندريا قليلة. وتتصل هذه الخلايا بـ **أجسام رابطة desmosomes**، كما أنها ترتكز على صفيحة قاعدية تفصلها عن النسيج الضام في **لحمة stroma** المبيض.



(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية تبين بعض أنواع الحوصلات في قشرة مبيض. لاحظ الحوصلات البدائية والأولية والنسيج الطلائي الجرثومي والغلاف الأبيض

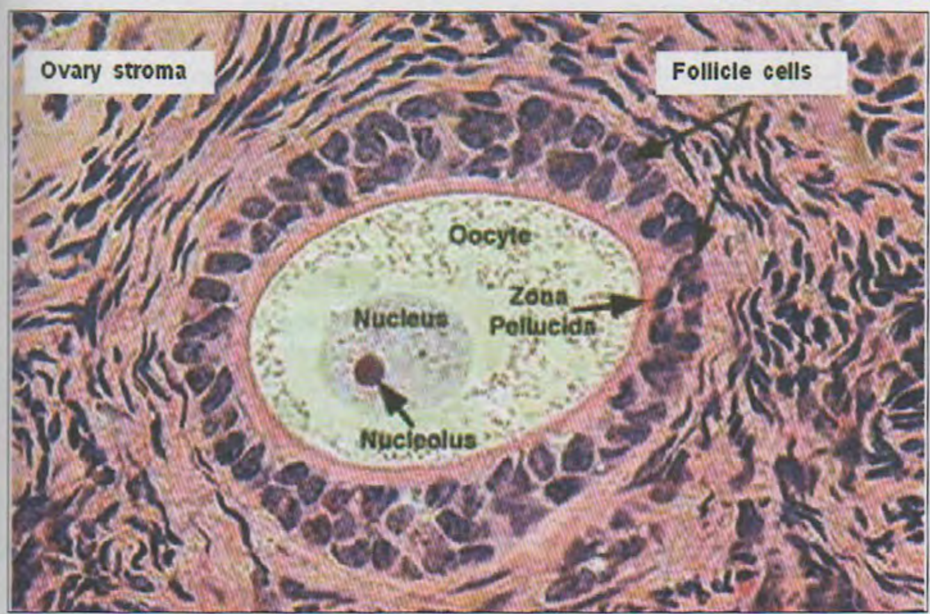


(**شكل** 4) صورة مجهرية ضوئية تبين حوصلات بدائية في قشرة مبيض. لاحظ النسيج الطلائي الجرثومي والغلاف الأبيض.

2.1.1 الحوصلات الأولية Primary Follicles

تتحول الحصولات البدائية إلى حوصلات أولية نشطة، ويشمل هذا التحول تغيرات سيتوبلازمية في الخلية البيضية والخلايا الحوصلية والنسيج الضام المجاور. وبعد نمو هذه الحوصلات يزداد قطر الخلايا البيضية إلى 120 µm، وتكبر نواتها وتظهر فيها وفرة من الميتوكوندريا ومركبات جولجي والشبكة الإندوبلازمية .

تنتظم الخلايا الحوصلية في طبقة واحدة أو طبقتين من الخلايا المكعبة (شكل 5). وفي وقت لاحق، تتوالد الخلايا الحوصلية لتكوّن **طبقة حبيبية granulosa layer**، التي تتألف من عدة طبقات من خلايا مكعبة. ويظهر على سطح الخلية البيضية طبقة لا خلوية تدعى **المنطقة الشفافة zona pellucida** (شكل 5) التي تتكوّن من بروتينات كربوهيدراتية لها دور في تحديد خصوصية التفاعل بين البويضة والحيوان المنوي. ويعتقد أن المنطقة المذكورة تتألف بمساهمات من الخلية البيضية والخلايا الحوصلية المحيطة بها. ويظهر على أسطح الخلية البيضية والخلايا الحوصلية **خملات دقيقة microvill** تخترق المنطقة المذكورة، وتتصل هذه الخملات مع بعضها عبر **روابط فجوية gap junctions**.

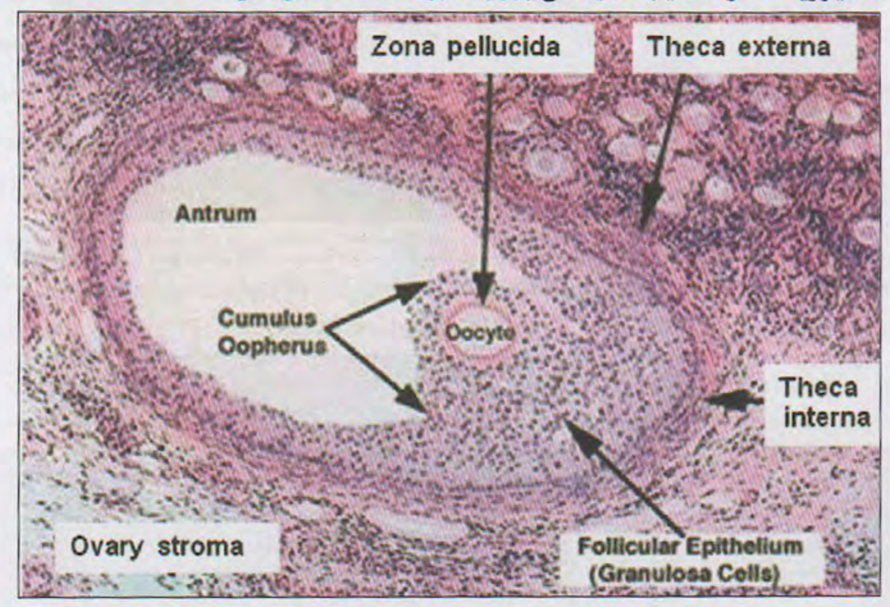


(**شكل** 5) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة أولية بطبقتين من الخلايا الحوصلية

بتقدم نمو الحوصلة الأولية يزداد محتواها من الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية والريبوسومات وأجسام جولجي والقطيرات الدهنية، كما تكثر الخملات الدقيقة وتتمايز خلايا لُحمة المبيض المحيطة بالحوصلة إلى **غمد حوصلي theca folliculi** يتحول لاحقا إلى **غمد داخلي theca interna وغمد خارجي theca externa** (شكل 6). ويتألف الغمد الأول من خلايا مكعبة لها خصائص الخلايا الستيرويدية، ويتمثل ذلك بوجود شبكة إندوبلازمية ملساء وافرة، إضافة إلى قطيرات دهنية، و يحتوي هذا الغمد عدة أوعية دموية. أما الغمد الخارجي، فإنه يتكون من ألياف كولاجين وخلايا ليفية.

3.1.1 الحوصلات الثانوية Secondary Follicles

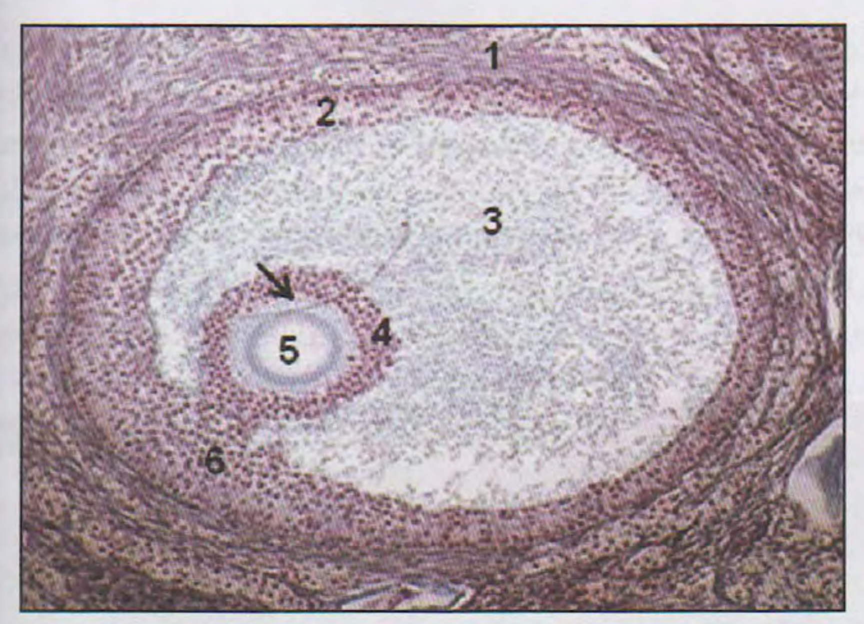
تتوالد خلايا الحوصلة الأولية، وتتخذ الحوصلة شكلا بيضويا، تحتل الخلية البيضية فيها موقعا بعيدا عن المركز. وعندما يصبح قطر الحوصلة حوالي 0.2 ملم، فإنها تتكون من 6-12 طبقة من الخلايا الحبيبية، وتبدأ حيزات غير منتظمة بالظهور بين تلك الخلايا. وعند هذه المرحلة يطلق على الحوصلة اسم **الحوصلة الثانوية secondary follicle** (شكل 6). و بنمو الحوصلة الثانوية يزداد حجم سائل الحوصلة، وتندمج الحيزات بين الخلايا الحبيبية لتكون تجويفا طرفيا يسمى **غار الحوصلة follicular antrum** (شكل 6) الذي يحتوي مواد راشحة من بلازما الدم وبروتينات رابطة للستيرويدات، ومناسيب عالية من **بروجسترون progesterone**.



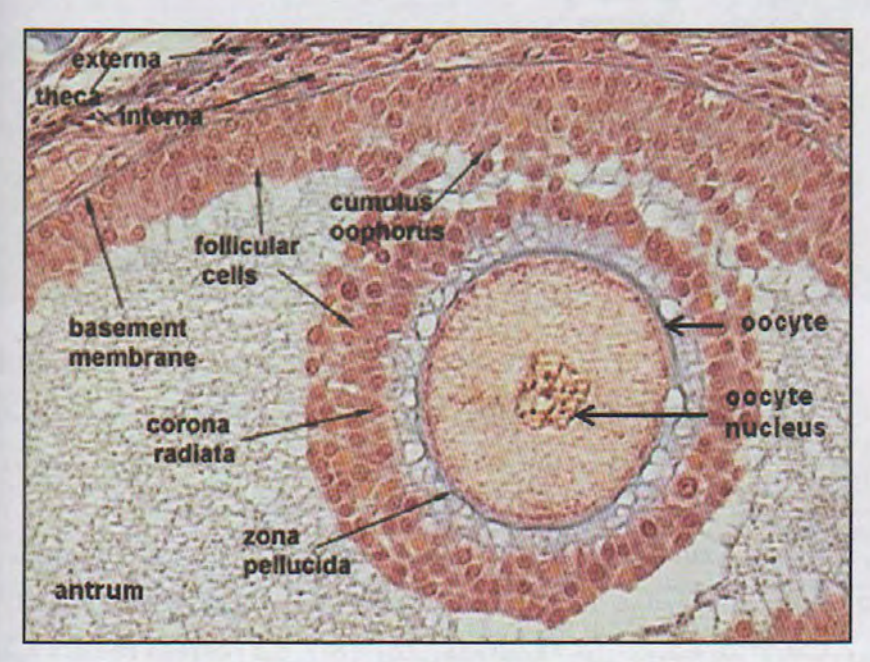
(**شكل 6**) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة ثانوية

4.1.1 الحوصلات الناضجة Mature Follicles

لهذه الحوصلات اسم آخر هو **حوصلات جراف Graafian follicles** ويبلغ قطرها حوالي 25 ملم. وباكتمال نموها تظهر الحوصلة على هيئة نتوء من سطح المبيض. وكنتيجة لتجميع السائل في غار الحوصلة، يكبرتجويفها وتُدفع الخلية البيضية باتجاه جدار الحوصلة، وتتصل به عبر عنق مكون من خلايا حبيبية تشكل **حامل الكتلة البيضية cumulus oophorus** (شكل 7-8). وتتخذ الخلايا الحوصلية التي تحيط مباشرة بالمنطقة الشفافة شكلا عمادياً وتكوّن منطقة **التاجية الشعاعية corona radiata** (شكل 7-8). وتبقى هذه الطبقة حول البويضة بعد الإباضة، ويتوجب على الحيوان المنوي اختراقها قبل وصوله إلى سطح البويضة.



(**شكل** 7) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة ناضجة. لاحظ غمد الحوصلة (1) والخلايا الحوصلية (2) وغار الحوصلة (3) والطبقة التاجية الشعاعية (4) والمنطقة الشفافة (سهم) والخلية البيضية (5) وحامل الكتلة البيضية (6).

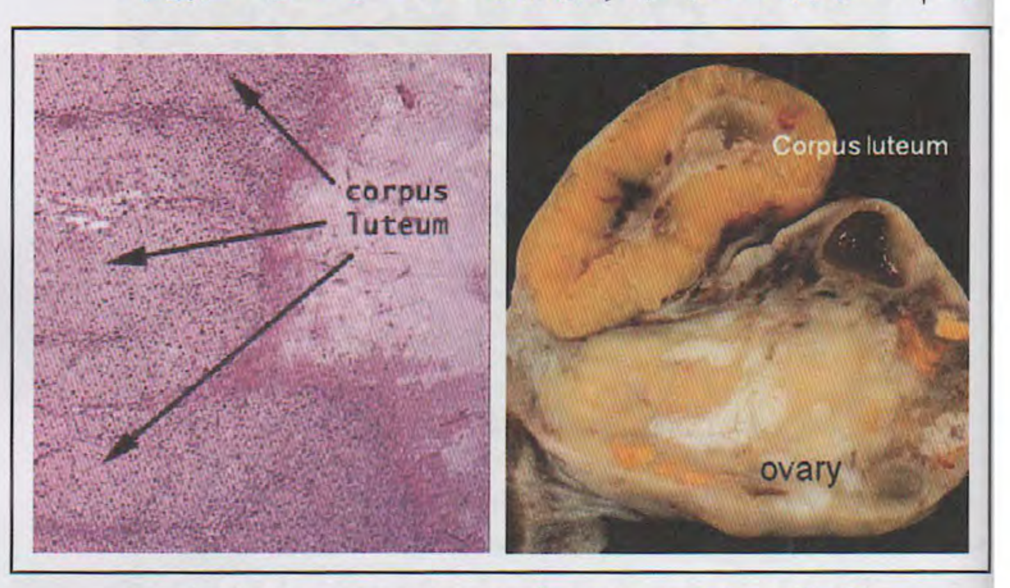


(**شكل** 8) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من حوصلة ناضجة.

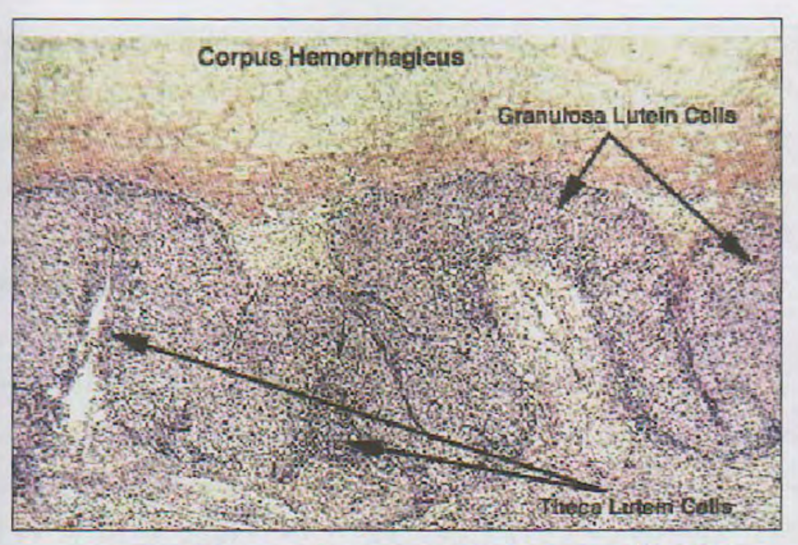
يصل **غمد الحوصلة theca folliculi** قمة نموه في الحوصلة الناضجة، حيث يتكون **الغمد الداخلي theca interna** من خلايا كبيرة تحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء وقطيرات دهنية وفيرة ولها قدرة إفرازية للستيرويدات، مثل إستروجين. وتكون خلايا هذا الغمد مطمورة بشبكة ألياف كولاجين تربطها مع الغمد الخارجي ومع لحمة المبيض (شكل 8). أما **الغمد الخارجي theca externa** فيتشكل من خلايا ليفية وخلايا عضلية ملساء، يعتقد أنها تساهم في **الإباضة ovulation** عند انقباضها.

2.1 الجسم الأصفر Corpus Luteum

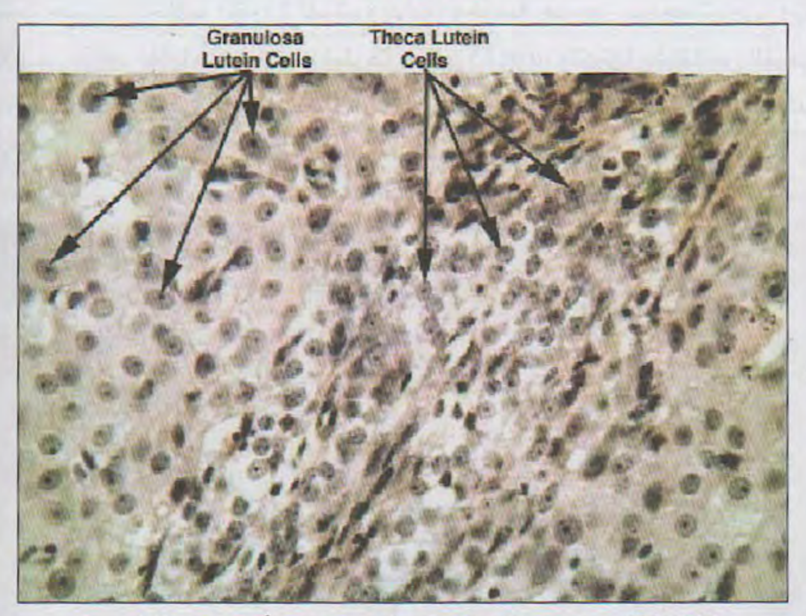
تحفز عدة هرمونات، وخاصة **الهرمون المصفر luteinizing hormone**، عملية الإباضة وتُطلق الخلية البيضية، وبعدها ينهار جدار حوصلة جراف، وتشكّل خلاياها المتبقية **الجسم الأصفر coupus luteum** الذي يتسم بجدار له ثنايا داخلية (شكل 10.9) وبتجويف يحتوي خثرة دموية تستبدل لاحقا بنسيج ضام. وفي الجسم الأصفر تزداد الخلايا الحوصلية حجما، ويبلغ قطرها حوالي 30 µm، ويطلق عليها **الخلايا الحبيبية المصفرة granulosa lutein cells** (شكل 11.10) التي تكتسب صفات الخلايا المفرزة للستيرويدات، وخاصة هرمون بروجستيرون. وفي محيط الجسم الأصفر توجد خلايا صغيرة يبلغ قطرها حوالي 15 µm. ولكونها مشتقة من الغمد الداخلي للحوصلة، فإنها تسمى **خلايا الغمد المصفّرة theca lutein cells** (شكل 11.10) التي تمتد في ثنايا الجسم الأصفر. ولهذه الخلايا شبكة إندوبلازمية ملساء كما في الخلايا الستيرويدية.



(شكل 9) صورة لمقطع طولي في الجسم الأصفر ويبدو مسحوبا من جسم المبيض (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لجزء من جسم أصفر.



(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لجزء من جسم أصفر تبين خلايا حبيبية مصفرة وخلايا غمد مصفّرة.



(شكل 11) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من جسم أصفر تبين خلايا حبيبية مصفرة وخلايا غمد مصفّرة.

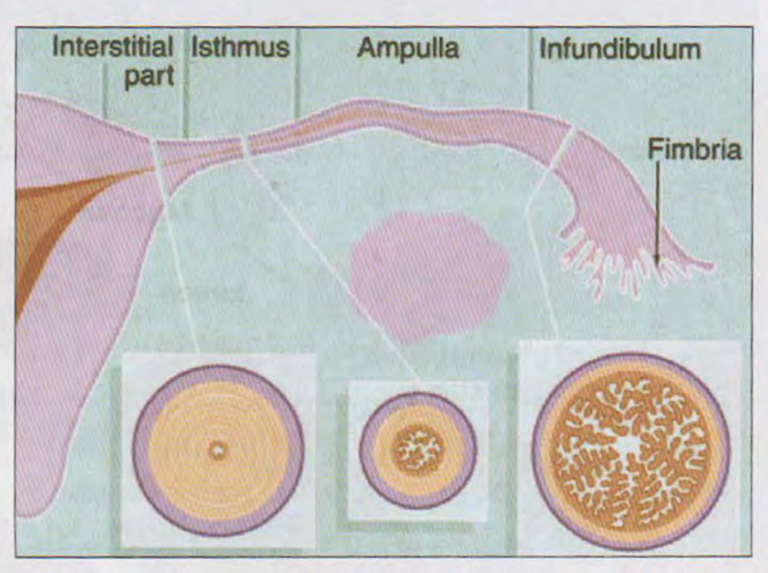
تتمدد الشعيرات الدموية واللمفاوية الموجودة أصلاً في الغمد الداخلي، إلى داخل الجسم الأصفر، وتكوّن شبكة وافرة من الأوعية الدموية. وإذا ما تم الإخصاب يكبر الجسم الأصفر كثيراً ليصل قطره حوالي 5.0 سم، ويطلق عليه عندئذ اسم **جسم أصفر الحمل corpus luteum of**

pregnancy الذي يستمر لحوالي ستة أشهر، ويفرز هرمون **بروجستيرون progesterone** الذي يهيء الرحم لرعاية الجنين، وكذلك هرمون **الاسترخاء relaxin** الذي يوسع فتحة الرحم أثناء الولادة. وإذا لم يتم الحمل، يستمر الجسم الأصفر لمدة أسبوعين تقريباً، ويطلق عليه اسم **جسم أصفر الطمث corpus luteum of menstruation**. الذي ينهار ويتحول الى **جسم أبيض corpus albicans** (شكل 2).

2. قناة المبيض Oviduct

يطلق على هذا العضو أسماء مختلفة مثل **قناة فالوب Fallopian tube وقناة الرحم uterine tube**، وهو أنبوب عضلي يبلغ طوله حوالي 12 سم. ولهذه القناة طرفين، يستلم الأول البويضة بعد إطلاقها من الحوصلة الناضجة، ويوفر لها البيئة المناسبة لإتمام عملية الإخصاب، ثم ينقل اللقيحة (الزيجوت) إلى الرحم عبر الطرف الثاني.

تتشكل هذه القناة من أربعة أجزاء، هي: **القمع infundibulum** وهو الجزء الأقرب للمبيض، وتخرج من طرفه الحر بروزات متعددة تدعى **الأهداب fimbriae** (شكل 2،12) التي تحرك الخلية البيضية باتجاه موقع الإخصاب، **والجراب ampulla** وهو الجزء المتسع من القناة، وفيه يتم الإخصاب، **والبرزخ isthmus** وهو الجزء الضيق القريب من الرحم، **والجزء الضمجداري pars interstitialis** ويوجد داخل الرحم (شكل 2،12). ويتكون جدار قناة المبيض من ثلاث طبقات: هي، **المخاطية mucosa** و**العضلية muscularis** و**المصلية serosa** (شكل 13).



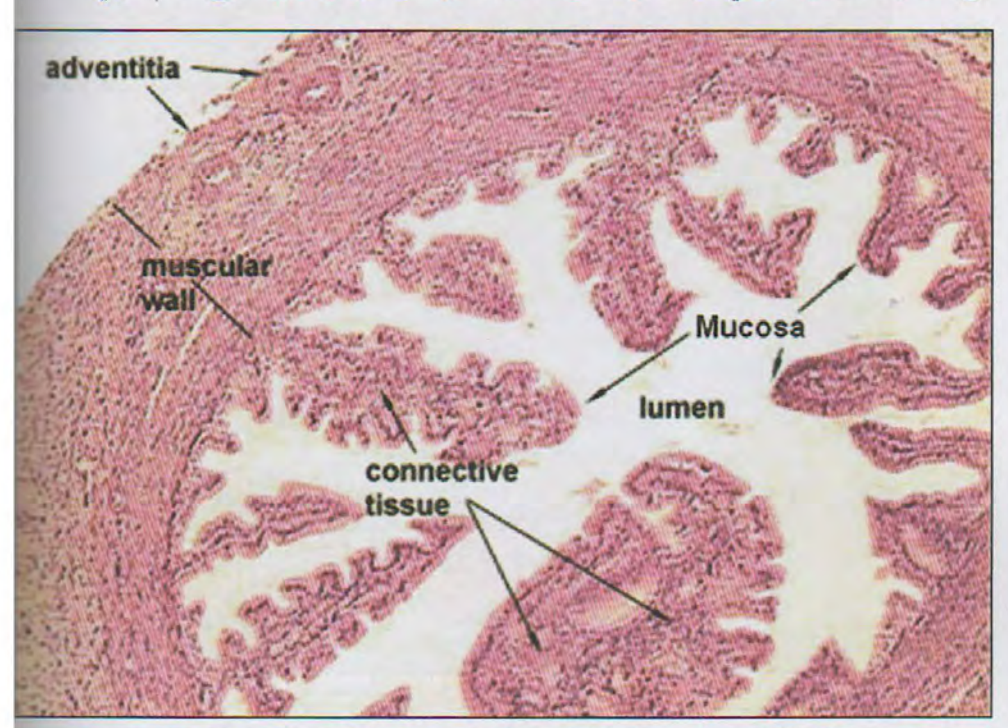
(**شكل 12**) رسم يبين مكونات قناة المبيض. لاحظ الثنايا التي تقل بالاقتراب من الرحم

أ. **الطبقة المخاطية:** تتسم هذه الطبقة بالسمات التالية:

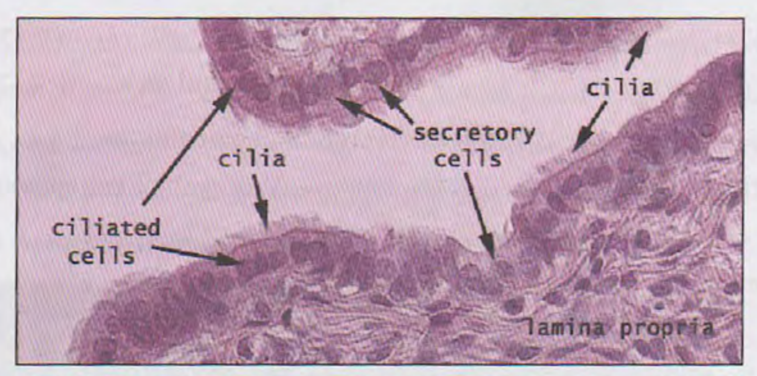
- تتكون من نسيج طلائي عمادي بسيط يحتوي نوعين من الخلايا، واحد **مهدب ciliated** تحمل خلاياه وفرة من **الأهداب cilia**، والآخر **إفرازي secretary** خلاياه غنية بـ **الخملات الدقيقة microvilli** (شكل 14، 15). وتضرب معظم الأهداب باتجاه الرحم، لتحريك السائل اللزج الذي يغطي أسطح خلايا البطانة، ويساعد هذا الأمر في تحريك البويضة المخصبة باتجاه الرحم. كما أن بعض الأهداب تسهل حركة الحيوانات المنوية باتجاه موقع الإخصاب. ويفرز النوع الثاني من الخلايا سائلاً يزود الحيوانات المنوية بالغذاء والوقاية، وهذا ما يساعدها على **الاقتدار capacitation** لإخصاب البويضة.
- لها ثنايا طولية توجد بوفرة في **الجراب ampulla** الذي يظهر في مقطع عرضي مثل التيه (شكل 13،12)، وتقل هذه الثنايا تدريجيا باتجاه الرحم (شكل 12).

ب. **الطبقة العضلية:** وتتشكل من خلايا عضلية ملساء تنتظم داخليا بشكل دائري وخارجيا بشكل طولي (شكل 13)، ويساعد هذا الأمر في إحداث انقباضات عضلية على هيئة موجات تمتد من القمع حتى الرحم، وفي ذلك تحريك للقيحة.

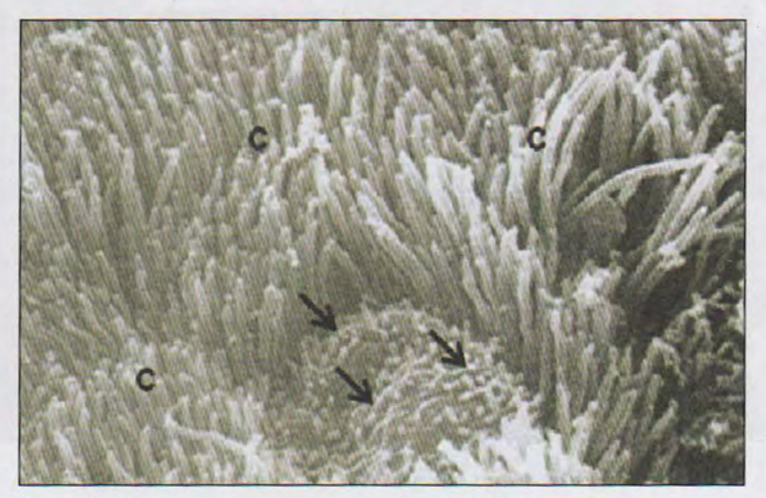
ج. **الطبقة المصلية:** وهي طبقة من خلايا طلائية حرشفية ترتكز على نسيج ضام طري.



(**شكل** 13) صورة مجهرية ضوئية في جدار قناة المبيض. لاحظ ثنايا الطبقة المخاطية ووفرة الأوعية الدموية في محيط الطبقة العضلية.



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية في جدار قناة المبيض تبين الخلايا المهدبة والخلايا الإفرازية.



(شكل 15) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لأسطح خلايا مبطنة لقناة المبيض، تبين أهدابا (C) على أسطح الخلايا المهدبة وخملات دقيقة (أسهم) على أسطح الخلايا الإفرازية.

3. الرحم Uterus

هذا عضو إجاصي الشكل، ذو جدار عضلي غليظ، تقع قاعدته إلى أعلى حيث تفتح عند جانبيها **قناتا المبيض** oviducts، أما قمته، فتتجه إلى أسفل وتفتح في المهبل (شكل 1). ويبلغ طول الرحم في الأنثى غير الحامل حوالي 6.5 سم، بينما يصل عرضه حوالي 4.0 سم وسمكه 2.5 سم. ويتكون هذا العضو من الأجزاء التالية (شكل 1):

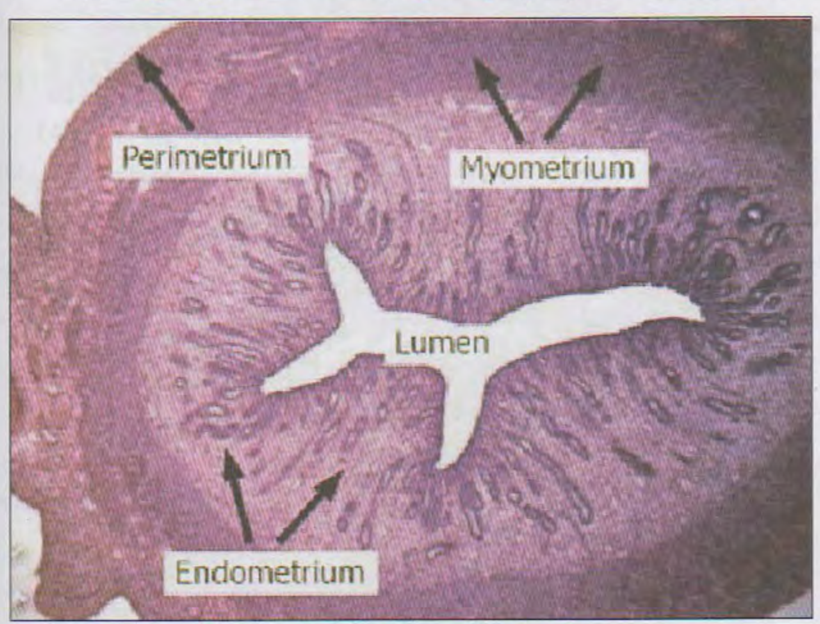
أ. **الجسم body**، وهو الجزء الأكبر من الرحم و تدخله **قناتا المبيض oviducts**.

ب. **القاع fundus**، وهو القسم العلوي المقوس من جسم الرحم، و يقع بين نقطتي دخول قناتا المبيض.

ج. **البرزخ isthmus**، وهو الجزء الضيق الذي يقع تحت جسم الرحم.

د. **العنق cervix**، وهو المكون الإسطواني السفلي من الرحم، ويمتد داخل المهبل حيث ينتهي على هيئة **فتحة خارجية external os** (شكل 1).

ويدعم الرحم بـ **أربطة ligaments** و**مساريقا mesenteries** التي ترتبط بالمبيض و**قناتي فالوب Fallopian tubes**، ويتكون جداره من ثلاث طبقات، هي: **بطانة الرحم endometrium** و**عضلة الرحم myometrium** و**محيط الرحم perimetrium** (شكل1، 16).



(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية لجدار الرحم.

1.3 بطانة الرحم

المهمة الأساسية لهذه الطبقة هي التحضير لعملية أنزراع (علوق) الجنين وتكوين الجزء الأمومي من المشيمة، ويعتمد الوضع النسيجي والوظيفي لهذه الطبقة على النشاط الهرموني للمبيض. وتتعرض البطانة في الأنثى البالغة وحتى سن 45-50 لدورات شهرية وذلك اعتمادا على التغيرات النظمية في هرمونات المبيض، ويبلغ سمك هذه البطانة عند ذروة نموها بعد الدورة حوالي 5 ملم.

تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي عمادي بسيط، تكون خلاياه مهدبة أو إفرازية، وينغمد هذا النسيج الطلائي ليكوّن غدداً رحمية أنبوبية الشكل، تمتد داخل لحمة **الصفيحة المخصوصة lamina propria** الغليظة. ويمكن تقسيم بطانة الرحم إلى منطقتين هما: **القاعدية basalis** وهي الأقرب إلى عضلة الرحم، و**الفاعلة functionalis** التي تشمل بقية البطانة وتحتوي الغدد

الرحمية، وهذه هي المنطقة التي تتساقط أثناء الدورة الشهرية، بينما تبقى المنطقة القاعدية وتتوالد خلاياها لتجدد النسيج الطلائي. وفي هذا المجال، تعمل قواعد غدد الرحم كمصدر للخلايا التي تنقسم وتهاجر لتحل محل الخلايا التي تساقطت أثناء الدورة الشهرية.

تقوم الأوعية الدموية التي تزود بطانة الرحم بدور هام في التساقط النسيجي الدوري الذي تتعرض له هذه البطانة. ويدخل الرحم شريان رئيسي يتفرع ليكوّن **شرايين مقوسة arcuate arteries** تنتظم بشكل دائري في الطبقات الوسطى من عضلة الرحم، ليخرج منها مجموعتا شرايين تزودان بطانة الرحم، واحدة تتشكل من **شرايين مستقيمة straight arteries** تزود المنطقة القاعدية، بينما تتألف الثانية من **شرايين ملتفة coiled arteries** تزود المنطقة الفاعلة.

2.3 عضلة الرحم Myometrium

هذه هي الطبقة الأغلظ في جسم الرحم (شكل 16)، وتتألف من حزم من ألياف عضلية ملساء تنفصل عن بعضها بنسيج ضام، وتشكل هذه الحزم أربع طبقات، تكون ألياف الأولى والرابعة منتظمة طوليا، أي موازية للمحور الطولي للرحم، بينما تنتظم ألياف الطبقتين الثانية والثالثة دائريا. وتحتوي الطبقتان الثانية والثالثة أوعية دموية كبيرة وكثيرة، ولذلك يطلق عليها **الطبقة الوعائية stratum vascularis**.

يبلغ طول الألياف العضلية في عضلة الرحم حوالي 50 µm، وذلك في الظروف العادية. أما في حالة الحمل، حيث يزداد حجم الرحم حوالي 20 مرة، فيبلغ طول هذه الألياف حوالي 500 µm. وتعتمد زيادة حجم الرحم على زيادة طول الألياف وعلى انقسامها. وبينت الدراسات المجهرية الإلكترونية أن الخلايا العضلية في رحم الأنثى الحامل تكتسب صفات الخلايا المفرزة للبروتينات. كذلك، فإن الرحم يتسم بزيادة ألياف كولاجين بشكل ملحوظ. وبعد الحمل يعود الرحم لحجمة الطبيعي، وذلك نتيجة نقصان عدد وحجم الألياف العضلية، إضافة إلى تفكك كميات فائضة من ألياف كولاجين.

3.3 محيط الرحم Perimetrium

يتألف هذا الجزء من نسيج طلائي حرشفي بسيط يرتكز على نسيج ضام طري (شكل 16). ويلتقي غلافا السطحين الأمامي والخلفي عند حافتي الرحم ليكونا **رباطين صفاقيين peritoneal ligaments** عريضين من النسيج الضام.

4. الدورة الشهرية Menstrual Cycle

تتعرض بطانة الرحم لتغيرات نسيجية دورية ومنتظمة، تتوازى مع تغيرات تحدث في المبيض خلال الفترة الواقعة بين سن 12-50. وتقسم هذه الدورة إلى ثلاث مراحل، هي: **مرحلة النزف**

menstrual phase ومرحلة التوالد **proliferative phase** و مرحلة الإفراز **secretory phase**
وبشكل عام، تدوم هذه الدورة حوالي 28 يوما، غير أن هذه المدة تختلف من أنثى لأخرى.

1.4 مرحلة النزف Menstrual Phase

تمتد هذه المرحلة من اليوم الأول الذي يبدأ فيه النزف حتى اليوم الرابع، وتبدأ بعد 14 يوما من الإباضة، حين لا يتم إخصاب البويضة، وبالتالي لا يتم الحمل. وفي هذه المرحلة تنهار الطبقة الفاعلة من بطانة الرحم (شكل 17) بما فيها من غدد وشرايين وأوردة، وتطرح المواد المتهتكة على هيئة نزف. كما ينقص مستوى إستروجين وبرجسترون بشكل ملحوظ، وفي نهايتها تتلاشى المنطقة الفاعلة كليا، وتبقى المنطقة القاعدية التي تحتوي قواعد الغدد الرحمية (شكل 17). ويتراوح سمك بطانة الرحم في هذه المرحلة بين 0.3 و0.5 ملم.



(**شكل** 17) صورة مجهرية ضوئية لبطانة رحم في مرحلة النزف. لاحظ تهتك الطبقة الفاعلة وزوال نسيجها الطلائي (أسم، أسفل الشكل)

2.4 مرحلة التوالد Proliferative Phase

ويطلق عليها اسم **مرحلة ما قبل الإباضة preovulatory phase** أو **المرحلة الحوصلية follicular phase**، ذلك أنها تتزامن مع نمو حوصلات المبيض وإنتاج هرمون إستروجين. وفي هذه المرحلة تتوالد الخلايا في قواعد الغدد الرحمية بدرجة كبيرة، بحيث يعاد تكوين بطانة الرحم. ويتواصل انقسام الخلايا طيلة هذه المرحلة التي تستمر من اليوم الخامس بعد بدء الطمث وحتى

ليوم الرابع عشر. علاوة على ذلك، تنقسم خلايا أسطح الغدد الرحمية وخلايا النسيج الضام، بذلك يعاد بناء المنطقة الفاعلة كليا.

يبلغ سمك بطانة الرحم في نهاية هذه المرحلة حوالي 2.5 ملم، وتتخذ الغدد شكل أنيبيبات ستقيمة لها قنوات ضيقة (شكل 18). واستعدادا للمرحلة القادمة، تأخذ الخلايا شكلا عماديا سيطا و تزداد شبكتها الإندوبلازمية الخشنة وكذلك حجم مركب جولجي، كما يزداد طول لشرايين الملتوية وتنمو في بطانة الرحم. وفي هذه المرحلة يرتفع إفراز هرمون إستروجين .



(**شكل** 18) صورة مجهرية ضوئية لبطانة رحم في مرحلة التوالد. لاحظ الغدد التي تأخذ شكل أنيبيبات مستقيمة و ضيقة

3.4 مرحلة الإفراز Secretory Phase

تبدأ هذه المرحلة بعد الإباضة مباشرة، وتستمر حتى نهاية الدورة. وتعتمد هذه المرحلة على فراز هرمون بروجستيرون من الجسم الأصفر الذي يحفز غدد الرحم لإطلاق بروتينات سكرية تعددة، تعمل كمصدر غذائي رئيسي للجنين القادم. وكنتيجة لتراكم إفرازات غدد الرحم تجمع السوائل في لُحمة بطانة الرحم، يزداد سمك هذه البطانة ليصل حوالي 5.0 ملم مع نهاية هذه المرحلة. ويطلق على هذه المرحلة اسم آخر وهو **مرحلة ما بعد الإباضة postovulatory phase** أو **الطور الأصفر luteal phase** حيث ينشط الجسم الأصفر. كما تتسع غدد الرحم ويزداد لتواؤها (شكل 19)، وكذلك تلتوي الشرايين وتمتد إلى سطح الرحم، وتتجمع كميات كبيرة من لجلايكوجين في خلاياه البطانية. وفي وقت لاحق، تقل كميات الجلايكوجين، وتتسع تجاويف الغدد تيجة إفراز البروتينات السكرية. كذلك، يزداد هرمون بروجستيرون ليعمل على تثبيط انقباض لخلايا العضلية الملساء في عضلة الرحم حتى لا يجهض الجنين لاحقاً.



(**شكل** 19) صورة مجهرية ضوئية لجزء من بطانة رحم في مرحلة الإفراز. لاحظ اتساع الغدد وزيادة إلتوائها وإفرازاتها ،كذلك لاحظ الزاوية اليسرى السفلى التي تبين جزءا من قناة غدة بإفرازاتها الوافرة

5. عنق الرحم Cervix

هذا هو الجزء السفلي الضيق من الرحم، وهو إسطواني الشكل، ويمتد داخل المهبل (شكل 2). ويختلف هذا الجزء في تركيبه النسيجي عن بقية أجزاء الرحم. فالبطانة تتكون من نسيج طلائي عمادي بسيط، وتوجد في الطبقة المخاطية **غدد عنقية cervical glands** كثيرة التفرع ولها إفراز مخاطي يلعب دوراً أساسياً في إخصاب البويضة. فعند الإباضة، يكون الإفراز المخاطي مائيا يسمح بمرور الحيوانات المنوية إلى قناة المبيض. أما أثناء الحمل، فإن مستوى بروجستيرون يجعل هذه الإفرازات أكثر لزوجة، ويساهم ذلك في منع مرور الأحياء الدقيقة والحيوانات المنوية باتجاه قناة المبيض. ويتسع عنق الرحم كثيراً أثناء الولادة، وذلك تحت تأثير **هرمون الاسترخاء relaxin** وتفكك ألياف كولاجين في جداره.

6. المهبل Vagina

هذا أنبوب عضلي يمتد من فتحة الفرج حتى عنق الرحم، وفي الأنثى العذراء يوجد في جزئه السفلي غشاء رقيق مستعرض يسمى **غشاء البكارة hymen**. ويخلو جدار المهبل من الغدد، ويتألف من ثلاث طبقات، هي المخاطية والعضلية والخارجية (شكل 20).

1.6 الطبقة المخاطية Mucosa

تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن جزئيا (شكل 20)، يتراوح سمكه

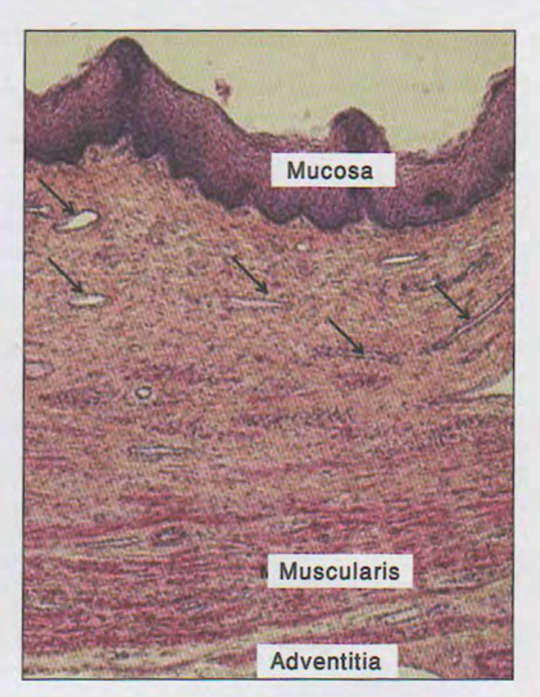
بين 150 و 200 µm. وتحت تأثير إستروجين يصنع النسيج الطلائي المهبلي كميات كبيرة من الجلايكوجين الذي يطرح في تجويف المهبل عند تساقط الخلايا السطحية لهذه الطبقة. وتعمل البكتيريا المهبلية على تحويل الجلايكوجين إلى **حمض اللبن lactic acid** وهذا ما يؤدي إلى زيادة حموضة المهبل، وفي ذلك حماية له من التأثيرات السلبية للميكروبات و الأجسام الغريبة. وترتكز الطبقة المخاطية على نسيج ضام طري (شكل 20) غني بالألياف المرنة، إضافة إلى أعداد كبيرة من الخلايا اللمفاوية وخلايا الدم البيضاء المتعادلة والخلايا الليفية.

2.6 الطبقة العضلية Muscular Layer

يتشكل الجزء الخارجي لهذه الطبقة من ألياف عضلية ملساء طولية، بينما يحتوي جزؤها الداخلي أليافا عضلية ملساء دائرية. وعند فتحة المهبل في الفرج، توجد عضلات هيكلية تشكل ما يشبه **العضلة العاصرة sphincter muscle**.

3.6 الطبقة الخارجية Adventitia

تربط هذه الطبقة المهبل بمحيطه، وتتشكل من نسيج ضام كثيف غني بالألياف المرنة الغليظة التي يعزى إليها المرونة الهائلة للمهبل. وتوجد في هذه الطبقة شبكة من الأوردة وحزم من الألياف العصبية (شكل 20).



(**شكل** 20) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في جدار المهبل. لاحظ وفرة الغدد في المنطقة تحت الطبقة المخاطية (أسهم)

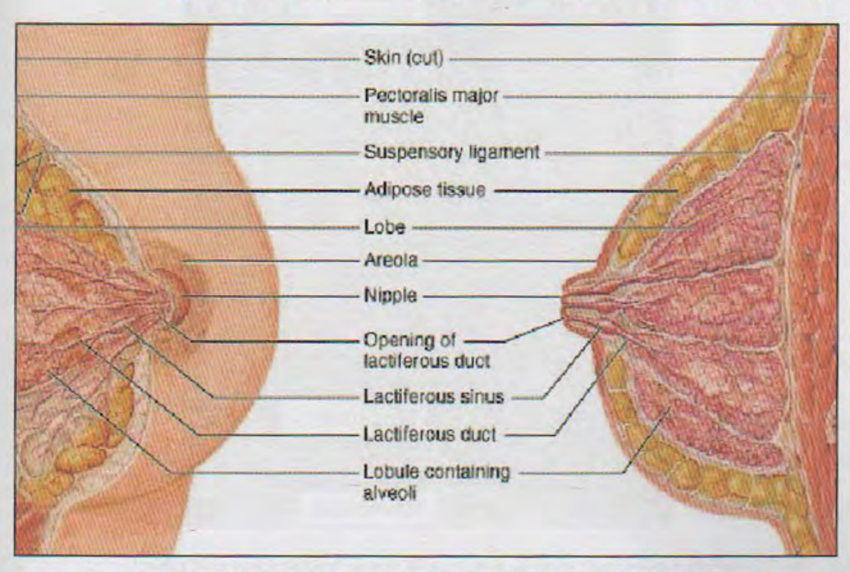
7. الغدد الثديية Mammary Glands

الغدد الثديية هي إحدى مشتقات الجلد، وهي مسؤولة عن تغذية وليد الحيوانات الثديية. وتتغير هذه الغدد في تركيبها بشكل ملحوظ بعد فترة بلوغ الأنثى، كما تحدث تغيرات في حجمها تتواكب مع الدورة الشهرية ومع حالة الحمل.

1.7 تركيب الغدد الثديية

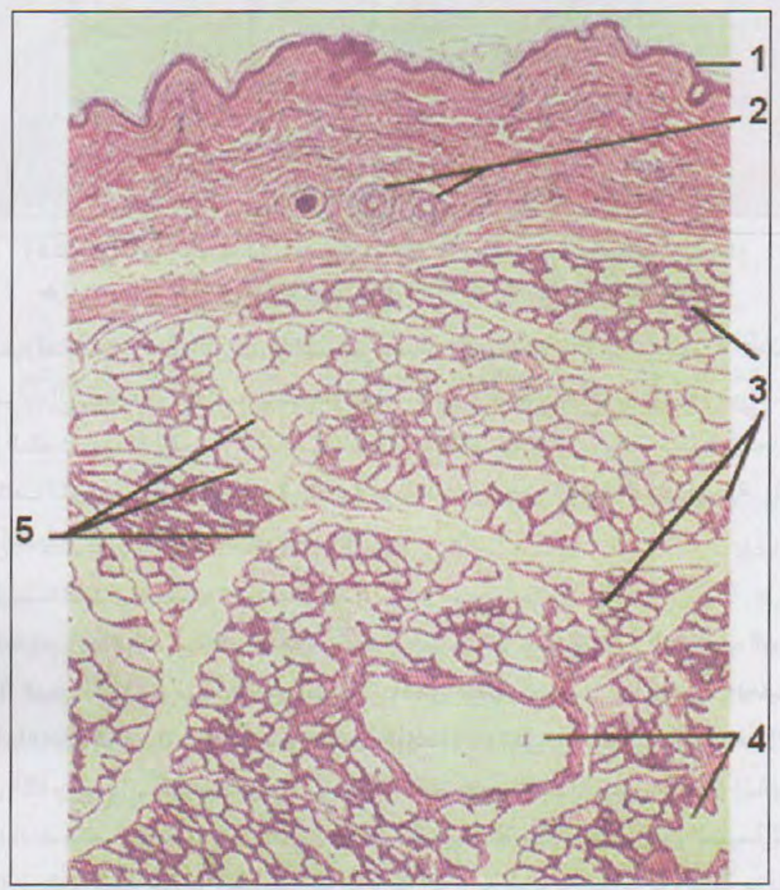
تتكون كل غدة ثديية من وحدات تدعى **فصوص lobes** (شكل 21)، يتراوح عددها بين 15 و 20، وهي من النوع **الأنبوبي الحوصلي المركب compound tublulоalveolar** الذي يكّون ويفرز الحليب. ويعتبر كل فص غدة مستقلة لها **قناة لبنية lactiferous duct** يبلغ طولها حوالي 2-4 سم، وتنفصل عن غيرها بنسيج ضام كثيف ونسيج دهني كثير، و هي مبطنة بنسيج طلائي طبقي مكعب (شكل 23).

وكما نلاحظ من الشكل 21، تصب كل قناة لبنية في **حلمة nipple** لها حوالي 20-15 فتحة. يبلغ قطر كل منها حوالي 0.5 ملم. وللحلمة شكل مخروطي، وقد يكون لونها بنيا فاتحا أو داكنا. وتغطى من الخارج بنسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن، يتصل مع النسيج الطلائي للجلد المجاور الذي يشكل **هالة areola** (شكل 21). وتتسع القنوات اللبنية عند مصبها في الحلمة لتكوّن **جيوبا لبنية lactiferous sinuses** (شكل 21)، يبطنها نسيج طلائي طبقي حرشفي عند فتحاتها. ويرتكز النسيج الطلائي للحلمة على نسيج ضام وألياف عضلية ملساء تنتظم على هيئة دوائر حول القنوات اللبنية العميقة، وتتزود الحلمة بنهايات عصبية حسية كثيرة.

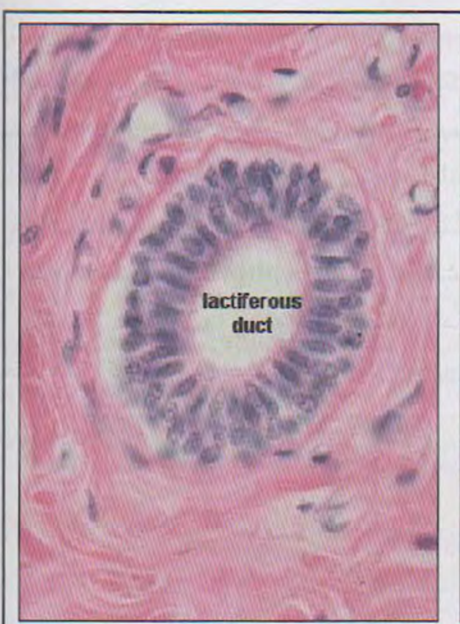


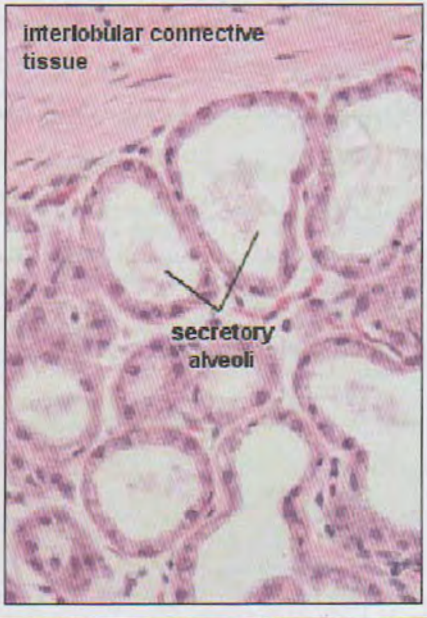
(**شكل** 21) رسم لغدة ثديية ببعد ثلاثي (يسار) وبمقطع طولي (يمين)

ويتكون كل فص من وحدات اصغر تسمى **فصيصات lobules** (شكل 21-23) لكل منها **حوصلات alveoli** مكونة من نسيج طلائي مكعب بسيط يرتكز على صفيحة قاعدية وطبقة من خلايا **عضلية طلائية myoepithelial**. وتمثل الحوصلات تجمعات لخلايا طلائية مكعبة تفرز الحليب وتحتوي قممها القليل من القطيرات الدهنية غير المحاطة بأغشية، إضافة إلى بعض الفجوات الإفرازية التي تحاط بأغشية وتحتوي تجمعاً أو أكثر لبروتينات لبنية. ويحيط بكل حوصلة ما بين أربع وست خلايا **طلائية عضلية myoepithelial** نجمية الشكل، وتكون الفصيصات مطمورة في نسيج ضام طري وتنفصل عن بعضها بـ **فواصل septae** مكونة من نسيج ضام كثيف (شكل 22). ولكل فصيص عدة قنوات لبنية تفتح في **قناة طرفية بين فصيصية terminal interlobular duct**.



(**شكل** 22) صورة مجهرية ضوئية لجزء من فص غدة ثديية. لاحظ النسيج الطلائي للجلد (1)، ومقطعين من شعرتين (2)، وفصيصات الغدة (3)، وقناتين بين فصيصين لبنيتين (4) وفواصل بين الفصيصات (5)





(**شكل** 23) صورة مجهرية ضوئية لحوصلات إحدى فصيصات غدة ثديية وحولها نسيج ضام طري (يمين) وصورة أخرى لمقطع عرضي في قناة لبنية محاطة بنسيج ضام كثيف (يسار)

تطرأ تغيرات طفيفة على التركيب النسيجي للغدد الثديية أثناء الدورة الشهرية. فمثلا، تتزايد خلايا القنوات اللبنية عند الإباضة، وتتزامن هذه التغيرات مع ارتفاع مستوى هرمون إستروجين. وقبل فترة الطمث، يزداد النسيج الضام في الثدي، وهذا ما يؤدي إلى زيادة حجمه. وكما سنلاحظ لاحقا، يختلف التركيب النسيجي للغدة الثديية باختلاف العمر والحالة الفسيولوجية. ونعالج فيما يلي الغدة الثديية في حالتي الحمل والإرضاع.

2.7 تركيب الثدي أثناء الحمل

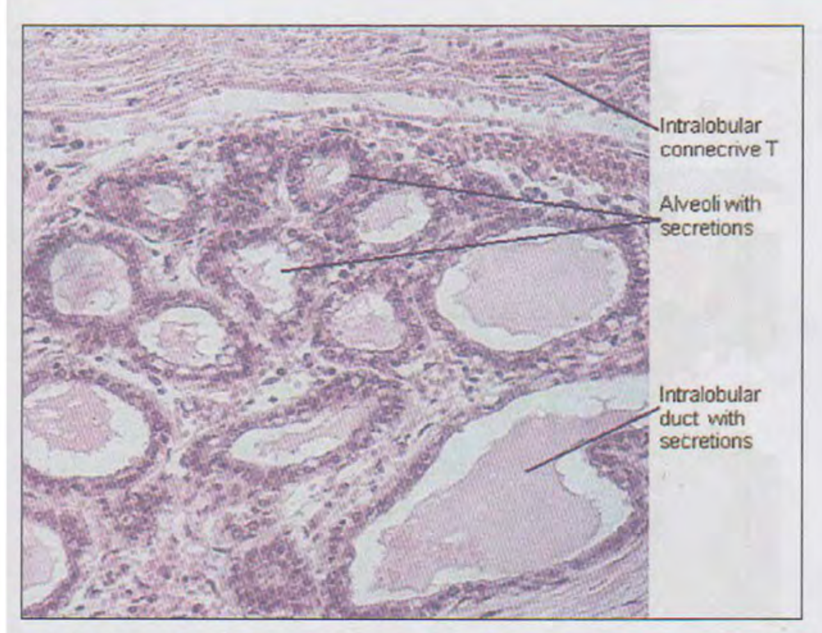
يزداد حجم الغدة الثديية كثيراً أثناء الحمل بسبب توالد **حوصلات alveoli** الثدي (شكل 24) نتيجة الفعل المتناسق لعدة هرمونات، مثل إستروجين وبروجستيرون **ومولّد الحليب المشيمي human placental lactogen وبرولاكتين prolactin** من الغدة النخامية. وتزداد كمية إستروجين أثناء الحمل، حيث أنه يفرز ليس فقط من حوصلات المبيض، بل من المشيمة أيضاً. كذلك، يزداد منسوب بروجسترون الذي يفرز من الجسم الأصفر أولا ثم من المشيمة لاحقا. وفي هذه الحالة تحتوي قمم خلايا الحوصلات فجوات إفرازية فيها تجمعات بروتينية يزداد عددها عند الإرضاع. ويوجد حول هذه الخلايا نسيج طلائي عضلي، وخلال فترة إدرار الحليب، يتناقص النسيج الضام وكذلك الدهني بشكل كبير، ويفرز الحليب في مرحلة متأخرة من الحمل.



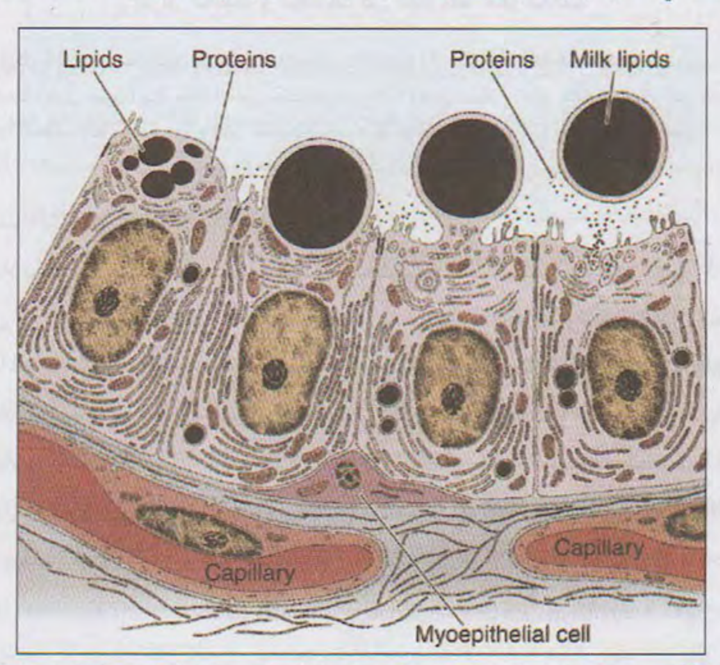
(**شكل** 24) رسومات تبين وضع حوصلات الغدة الثديية (أسهم) في حالة اللاحمل حيث تكون غير نشطة (فوق، يمين) وفي حالة الحمل حيث تتوالد بكثرة (فوق، يسار)، وفي حالة الإرضاع التي تكون فيها الحوصلات نشطة جدا وتفرز الحليب وتجمعه في تجاويفها (تحت). لاحظ القنوات اللبنية التي تتفرع منها الحوصلات (رؤوس أسهم).

3.7 تركيب الثدي أثناء الارضاع

تنتج الخلايا الطلائية لحوصلات الثدي الحليب وتخزنه في تجاويفها وفي داخل القنوات اللبنية (شكل 25). وفي هذه الحالة، يصغر حجم الخلايا الإفرازية وتتخذ شكلا مكعبا، ويحتوي سيتوبلازمها قطيرات بأحجام مختلفة بداخلها **جليسيرايدات ثلاثية triglycerides** متعادلة. و تفرز هذه القطيرات إلى القنوات اللبنية حيث تكون محاطة بأجزاء من الأغشية المشتقة من قمم تلك الخلايا (شكل 26). إضافة إلى قطيرات الدهن، تفرز الخلايا الطلائية للغدد الثديية بروتينات، من أهمها بروتينات المناعة. وتشكل الدهون في الحليب المفرز حولي 4% من حجم هذا السائل، بينما تشكل البروتينات حوالي 1.5% منه، فيما يشكل لاكتوز (سكر الحليب) حوالي 7%.



(**شكل** 25) صورة مجهرية ضوئية لحوصلات إحدى فصيصات غدة ثديية أثناء الإرضاع. لاحظ النسيج الطلائي المكعب البسيط المبطن للحوصلات والإفرازات داخل الحوصلات وقنوات الفصيصات.



(**شكل** 26) رسم لخلايا إفرازية من غدة ثديية. من اليسار إلى اليمين، لاحظ تجميع القطيرات الدهنية والبروتينات ومراحل إفرازها من قمم الخلايا. كذلك، لاحظ وفرة الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلامية الخشنة في هذه الخلايا، إضافة إلى خلية طلائية عضلية تساعد في إطلاق هذه الإفرازات.

الفصل السادس عشر

16

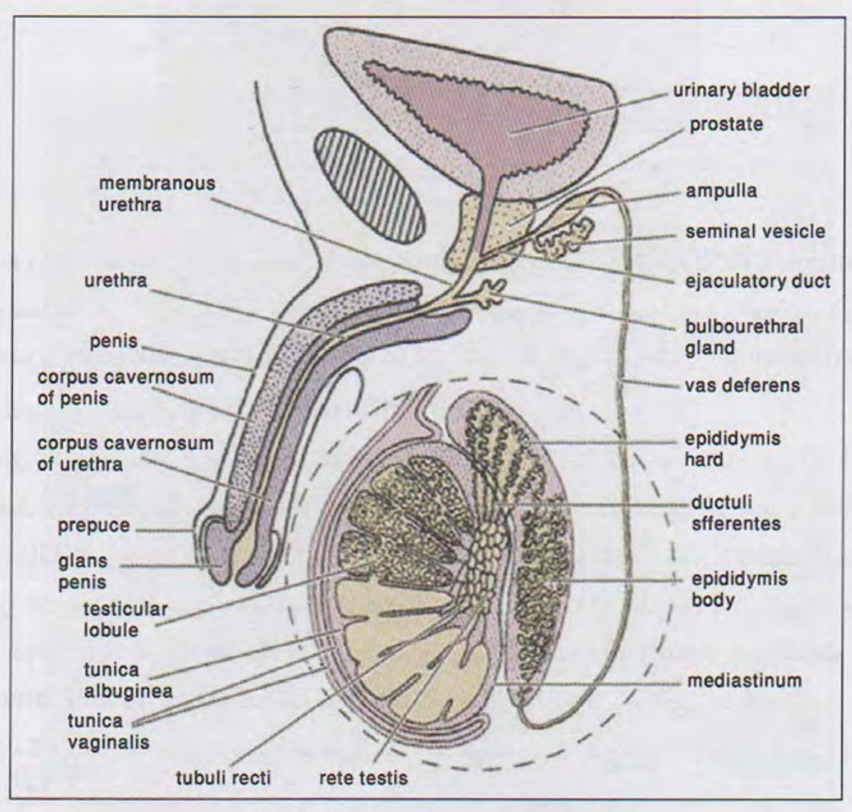
الجهاز التناسلي الذكري

The Male Reproductive System

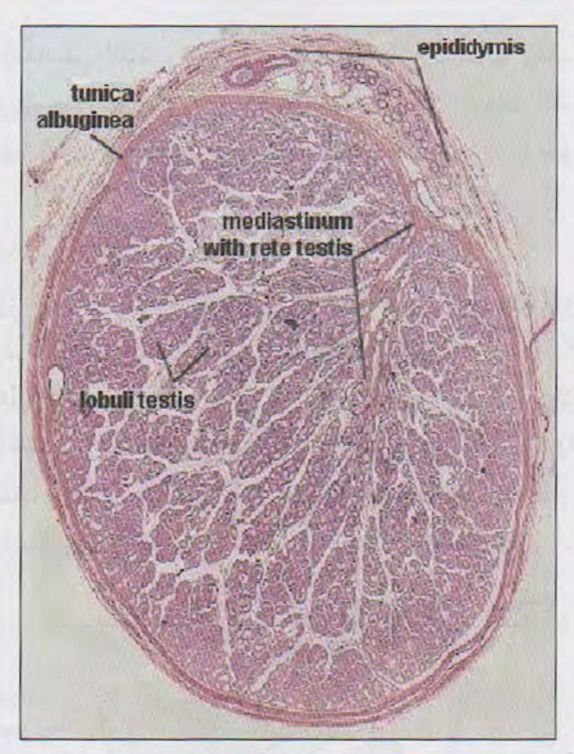
يتشكل الجهاز التناسلي الذكري من خصيتين وقنوات تناسلية وقضيب وغدد مساعدة. وتقوم الخصية بتكوين حيوانات منوية وإفراز هرمونات. أما القنوات التناسلية فتخزن وتنقل الحيوانات المنوية، كما تفرز، مع الغدد التناسلية، مواد مختلفة تزود الحيوانات المنوية بالطاقة وتليّن مسارها.

1. الخصية Testis

هذا عضو بيضوي الشكل يتراوح طوله بين 4-6 سم، ويبلغ عرضه حوالي 2.5 سم. توجد كل خصية داخل كيس جلدي يسمى **الصفن scrotum** وتحاط الخصية بكبسولة غليظة تدعى **الغلاف الأبيض tunica albuginea** (شكل 1، 2) المكونة من ألياف كولاجينية. ويتغلظ هذا الغلاف في الجزء الخلفي من الخصية حيث يشار إليها في هذه المنطقة باسم **مُنصف الخصية mediastinum**. وتمتد من هذا الغلاف عدة **حواجز septae** تقسم جسم الخصية إلى حوالي 250 حجرة هرمية الشكل تدعى **فصيصات الخصية testicular lobules** (شكل 1، 2).



(**شكل 1**) رسم يبين مكونات الجاز التناسلي الذكري

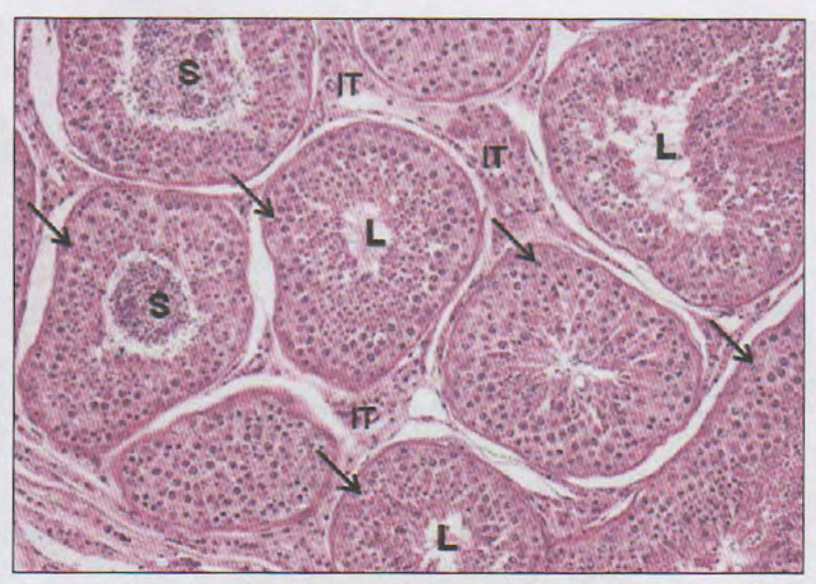


(**شكل 2**) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في خصية. لاحظ اتصال الخصية بالبربخ وتبين الفصيصات والغلاف الأبيض ومنصف الخصية

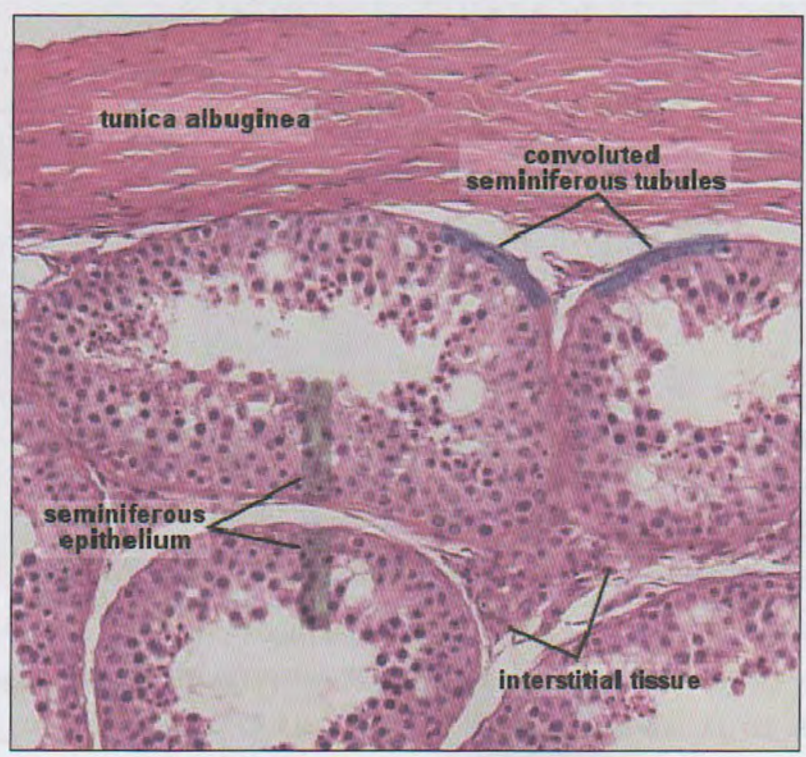
يحتوي كل فصيص تراكيب دقيقة ملتوية تسمى **أنيبيبات منوية seminiferous tubules** يتراوح عددها بين 1-4 (شكل 1)، ويحيط بكل منها نسيج ضام طري وأوعية دموية وخلايا بينية تدعى **خلايا لايدج Leydig cells** (شكل 3-6) التي تفرز **هرمون تستوسترون testosterone**.

1.1 الأنيبيب المنوي Seminiferous Tubule

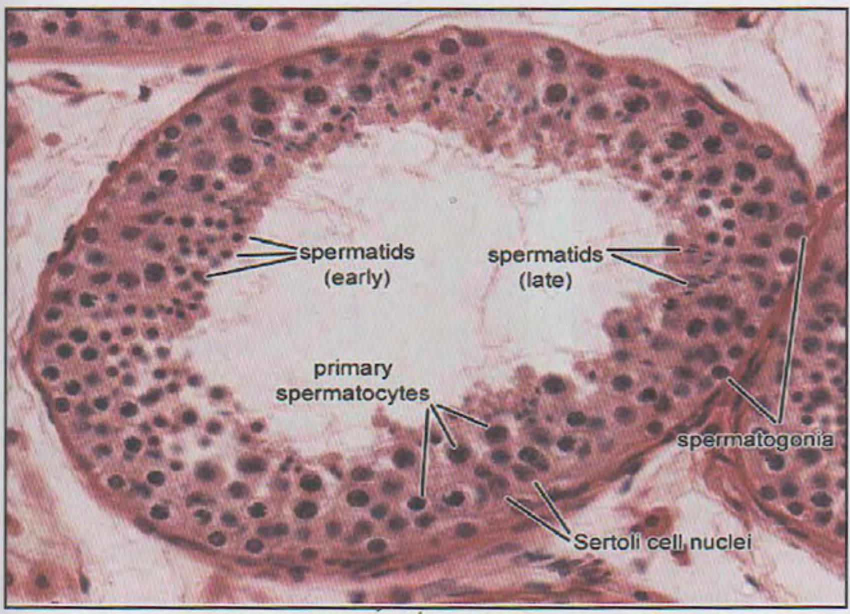
يشكل الأنيبيب المنوي وحدة التركيب والوظيفة في الخصية، ويتراوح طوله بين 30-70 سم ويبلغ قطره حوالي 200 µm وهو متعرج جداً. ويقدر الطول الكلي لأنيبيبات الخصية الواحدة بحوالي 250 متراً. وعند نهاية هذه الأنيبيبات بالقرب من مركز الخصية تتقلص تجاويفها وتستمر على هيئة **أنيبيبات مستقيمة tubuli recti** (شكل 1)، التي تتصل بقنوات متشعبة لتكوّن **شبكة الخصية rete testis** التي تتصل برأس **البربخ epidiymis** عبر **قنيات صادرة ductuli efferentes** يتراوح عددها بين 10-20 (شكل1). وتبطن الأنيبيبات المستقيمة بنسيج طلائي مكعب بسيط يدعمه نسيج ضام كثيف، ولقنوات شبكة الخصية تركيب نسيجي مشابه. أما القنيات الصادرة، فإنها تبطن بخلايا طلائية عمادية غير مهدبة، إضافة إلى نسيج طلائي عمادي بسيط ومهدب يدفع الحيوانات المنوية باتجاه البربخ. ويوجد في جدر هذه القنيات عضلات ملساء.



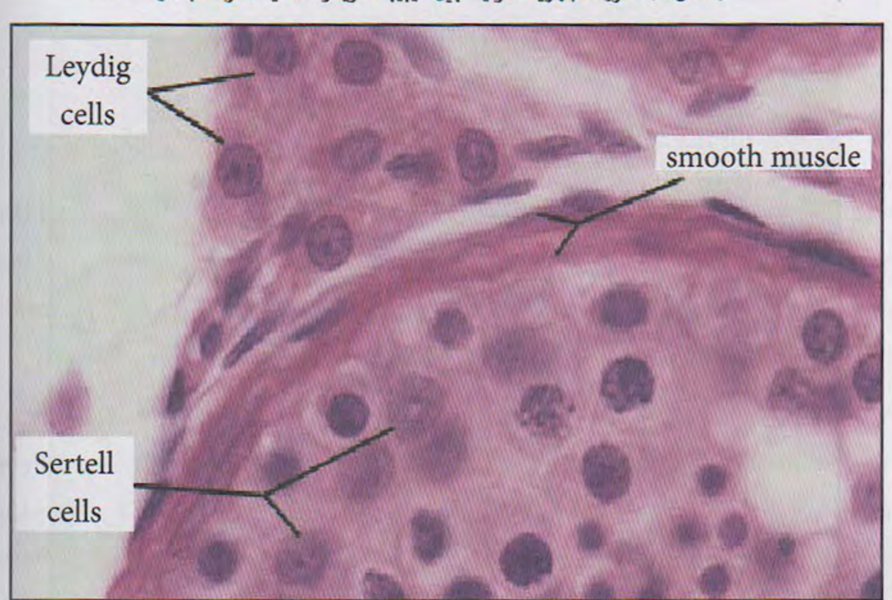
(**شكل** 3) صورة مجهرية ضوئية تبين 9 أنيبيبات منوية. لاحظ الأنيبيبات المنوية (أسهم) وتجاويفها (L) وبداخلها حيوانات منوية (S)، كذلك لاحظ النسيج البيني (IT) بين هذه الأنيبيبات.



(**شكل** 4) صورة تبين أنيبيبات منوية ونسيجها البيني وغلافها الأبيض.



(**شكل** 5) صورة مجهرية ضوئية تبين أنيبيباً منويا والخلايا المكونة لجداره

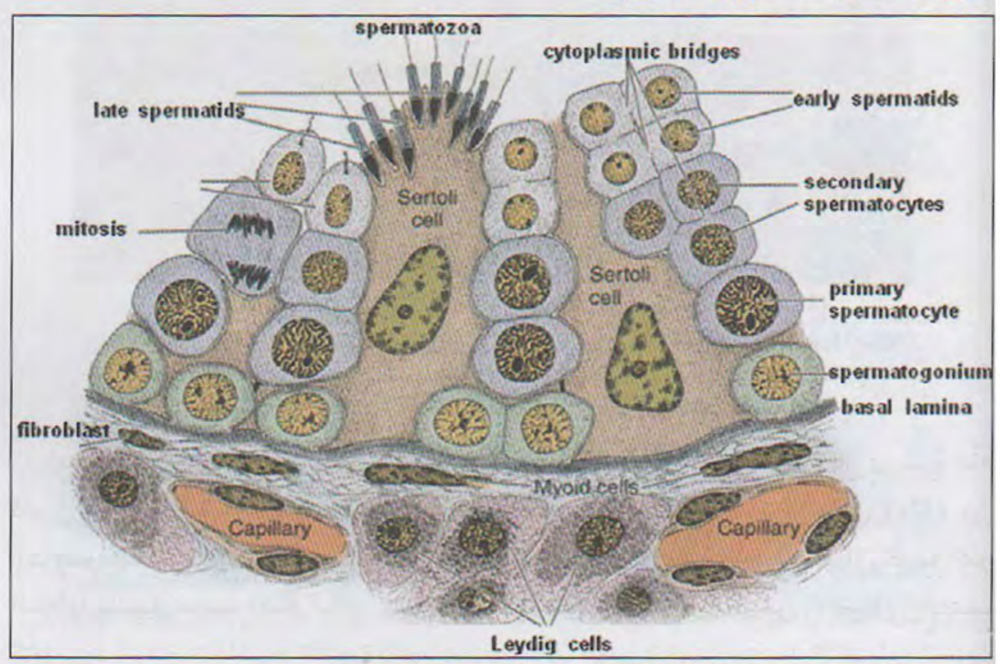


(**شكل** 6) صورة مجهرية ضوئية تبين جزءا من جدار أنيبيب منوي. لاحظ العضلات الملساء في محيطه وخلايا لايدج في النسيج البيني.

1.1.1 جدار الأنيبيب المنوي

يتكون جدار الأنيبيب المنوي من غلاف من النسيج الضام، وصفيحة قاعدية يرتكز عليها نسيج **طلائي جرثومي germinal epithelium**. ويتألف الغلاف المذكور من عدة طبقات من الخلايا

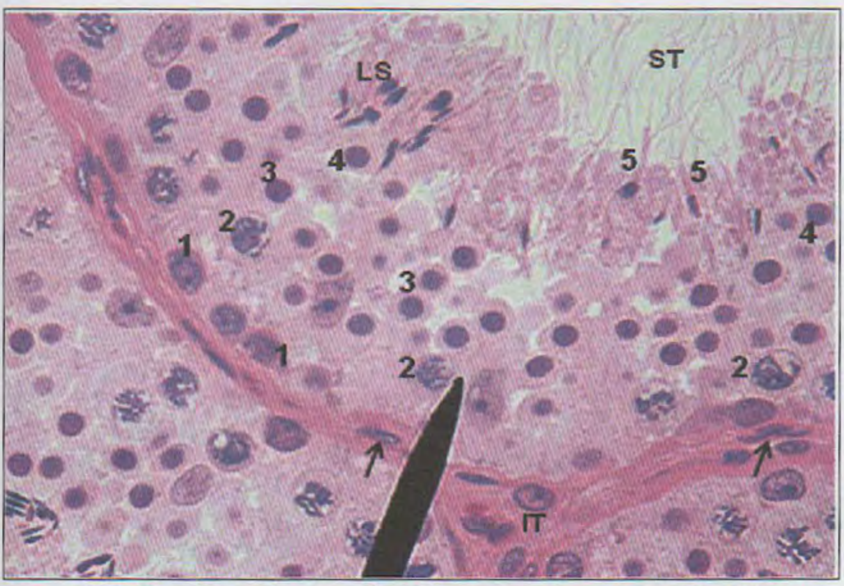
الليفية، توجد إلى داخلها **خلايا شبه عضلية myoid cells** (شكل 7)، التي تساعد بانقباضاتها على دفع الحيوانات المنوية خارج الأنيبيبات المنوية. ويتشكل النسيج الطلائي الجرثومي للأنيبيب المنوي من **خلايا مساعدة supporting cells** ويطلق عليها اسم **خلايا سرتولي Sertoli cells**، ومن **خلايا منوية مولّدة spermatogenic cells** تتوزع في مجموعات تمتد من الصفيحة القاعدية حتى تجويف الأنيبيب المنوي (شكل7، 8). وتمثل هذه الخلايا مراحل متمايزة في عملية **تكوين الحيوانات المنوية spermatogenesis**.



(**شكل 7**) رسم يبين تركيب جدار أنيبيب منوي.

أ. الخلايا المنوية المولدة Spermatogenic Cells

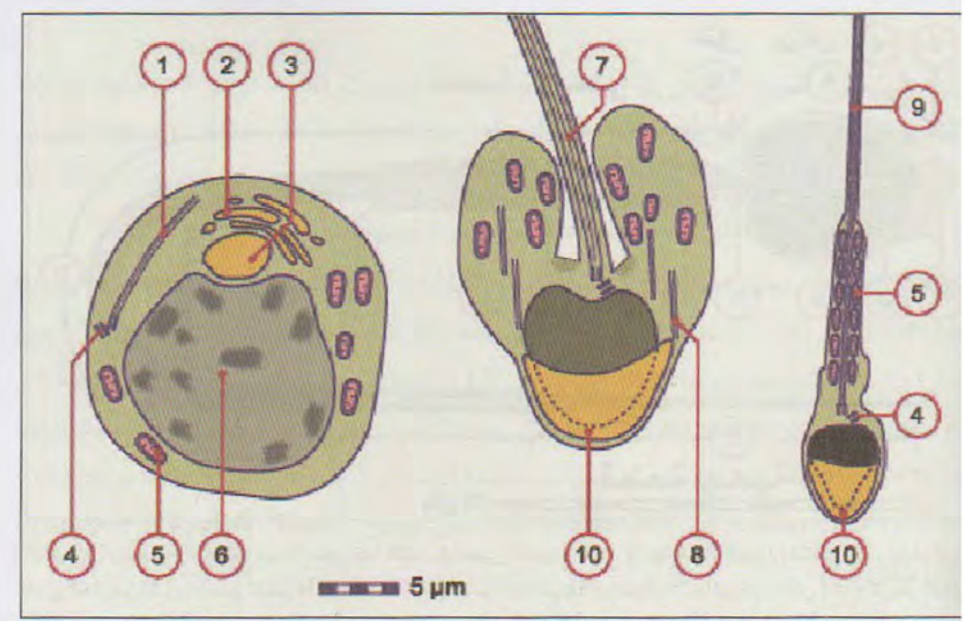
تنقسم هذه الخلايا وتتمايز لتكوّن حيوانات منوية، وهي تمثل مراحل مختلفة في عملية متواصلة تبدأ بـ **خلايا منوية أم spermatogonia**، توجد بالقرب من الجزء الخارجي لجدار الأنيبيب المنوي، وهي صغيرة نسبياً ويتروواح قطرها بين 12-14 µm (شكل8.7). وعند البلوغ، تنقسم الخلايا المنوية الأم عدة مرات، وتتبع الخلايا الوليدة إحدى مسارين: فإما أن تستمر بالانقسام مرات عديدة لتشكل **خلايا جذعية stem cells** (خلايا منوية أم نوع A)، أو تتحول إلى خلايا منوية من نوع B، تتمايز لتكوين **خلايا منوية أولية primary spermatocytes**.



(**شكل** 8) صورة مجهرية ضوئية لجزء من جدار أنيبيب منوي تبين خلايا منوية أم (1) وخلايا منوية أولية (2) وخلايا منوية ثانوية (3) وطلائع منوية مبكرة (4) وطلائع منوية متأخرة (LS) وحيوانات منوية (5) وذيول حيوانات منوية (ST). لاحظ الخلايا العضلية (سهم) حول جدار الأنيبيب والنسيج البيني (IT). لاحظ خلية سرتولي على يمين المؤشر الأسود.

تمر الخلايا المنوية الأولية بمراحل الانقسام المنصف الأول (**meiosis I**) الذي ينتج عنه تكوين **خلايا منوية ثانوية secondary spermatocytes** تحتوي العدد الأحادي (IN) من الكروسومات. وفي مقطع للأنيبيب المنوي يمكن تمييز الخلايا المنوية الأولية بسهولة، كونها أكبر الخلايا المنوية حجماً (شكل8.7)، وتظهر كروموسوماتها بعدة مراحل من الانقسام المنصف الأول. بيد أن الخلايا المنوية الثانوية تظهر بصعوبة لأنها قصيرة العمر، وتدخل الانقسام المنصف الثاني **meisosis II** بسرعة لتكوّن **طلائع منوية spermatids** تحتوي نصف عدد كروموسومات (IN) الخلية المنوية الأم. وتتميز الطلائع المنوية بقطر صغير (7-8 µm) وبموقعها القريب من تجويف الأنيبيب المنوي (شكل 8.7).

وتمر الطلائع المنوية بتمايز نووي وسيتوبلازمي لتكوّن حيوانات منوية فاعلة. ويتسم التمايز النووي بتكثف الكروماتين وتغير شكل النواة من كروي إلى مسطح ومستدب، وتغير موقع النواة من مركزي إلى طرفي (شكل 9). أما التمايز السيتوبلازمي فيشمل: تكوين **جسم قمي acrosome** (من جهاز جولجي) يغطي حوالي ثلثي النواة، إضافة إلى غمد **ميتوكوندريوني mitochondrial sheath** حلزوني حول **محور axoneme** ذيل الحيوان المنوي (شكل 9)، والتخلص من معظم عضيات السيتوبلازم. كما تنتظم الأنيبيبات الدقيقة على هيئة تسع **ثنائيات doublets** حول محور ذيل الحيوان المنوي، إضافة إلى أنيبيبين فرادى في وسطه.



(**شكل 9**) رسم يبين تمايز طليعة منوية مبكرة (يسار) إلى طليعة منوية متقدمة (وسط) ثم حيوان منوي (يمين). لاحظ أنيبيب دقيق (1) وجسم جولجي (2) وحوصلة جسم قمي (3) ومريكز (4) وميتوكوندريون (5) ونواة (6) ومحور الذيل (7) وحزمة أنيبيبات دقيقة (8) وذيل (9) وجسم قمي (10)

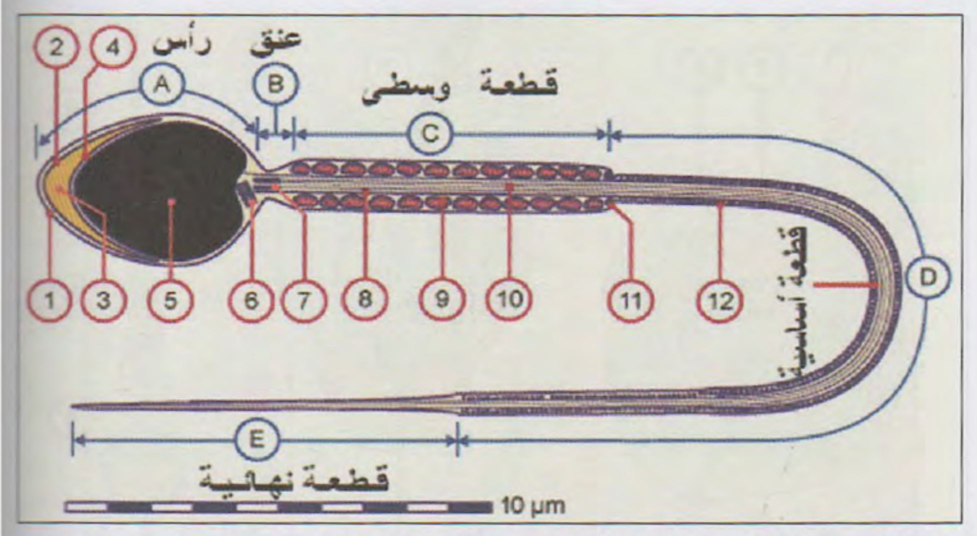
وكما نلاحظ، فإن التمايز النووي والسيتوبلازمي للطلائع المنوية يؤدي إلى تكوين حيوانات ية فاعلة بأقل وزن ممكن، وبآلية حركية نشطة، وبنواة كثيفة وبـ **جسم قمي acrosome** غني زيمات تفكك أغلفة البويضة عند الإخصاب. ولقد بينت الدراسات أن التغيرات التي تحدث مرحلة الخلايا المنوية الأم وحتى تكوين حيوانات منوية تستغرق حوالي 64 يوماً في الإنسان.

. الحيوانات المنوية Spermatozoa

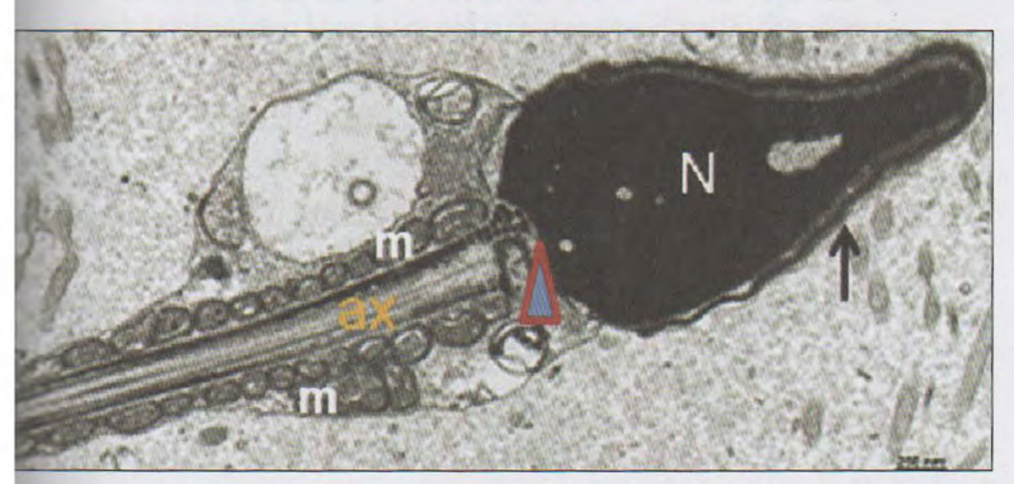
تمثل هذه الخلايا تتويجا لعملية توليد الحيوانات المنوية. وفي الإنسان، يبلغ طول الحيوان وي حوالي 60 µm، وتتكون هذه الخلية من رأس وعنق وذيل (شكل 10). ونعالج فيما يلي كيب الحيوان المنوي كما يتبين في الدراسات المجهرية الإلكترونية.

رأس الحيوان المنوي

يبدو رأس الحيوان المنوي بيضوياً عند النظر إليه جبهيا، ويأخذ شكل إجاصة عند النظر إليه نبيا حيث يكون غليظا بالقرب من العنق، ومستدبا باتجاه المقدمة. ويتراوح طول رأس الحيوان وي بين 4-5 µm، ويبلغ قطره حوالي 3.5 µm. ويتشكل معظم الرأس من نواة ذات كروماتين ف، ويظهر في جزئها الخلفي انغماد يسمى **حفرة إنزراع implantation fossa** حيث تتصل واة بعنق الحيوان المنوي. وتغطى مقدمة النواة بجسم قمي (شكل 11) يحتوي إنزيمات تفكك غلفة الثلاثة التي تحيط بالبويضة ، مقدمة لإخصابها.



(**شكل** 10) رسم يبين مكونات حيوان منوي كما تظهر في مجهر إلكتروني نافذ. لاحظ غشاء الحيوان المنوي (1) وغشاء الجسم القمي الخارجي (2) والجسم القمي (3) وغشاء الجسم القمي الداخلي (4) والنواة (5) والمريكز الداني (6) والمريكز القاصي (7) والليف الكثيف (8) والميتوكوندريا (9) والمحور (10) والحلقة (11) والذيل (12)

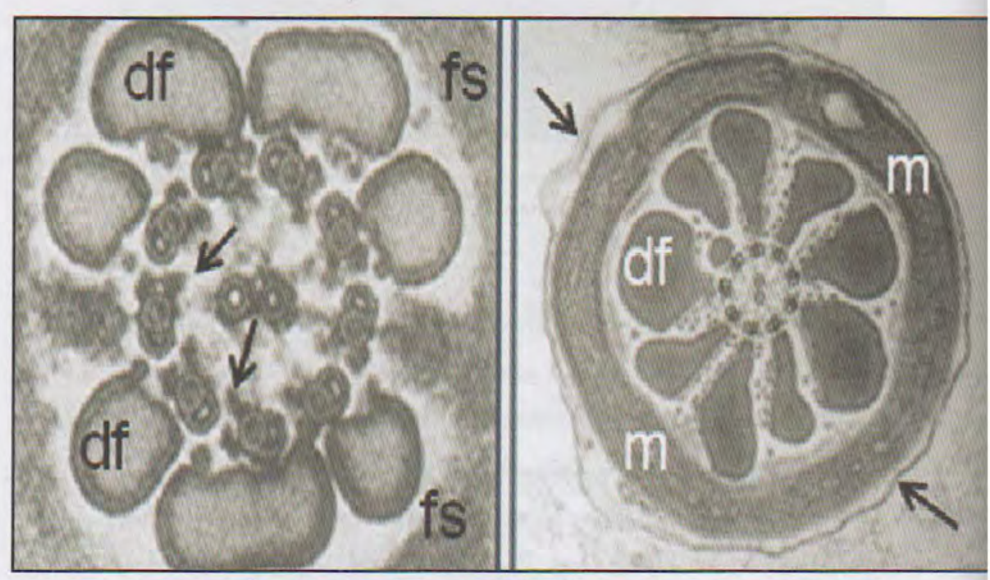


(**شكل** 11) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لرأس و بداية ذيل (القطعة الوسطى) حيوان منوي. لاحظ غشاء الحيوان المنوي (سهم) ونواته (N) و حفرة الإنزراع (رأس سهم) والمحور (ax) وغمد الميتوكوندريا (m).

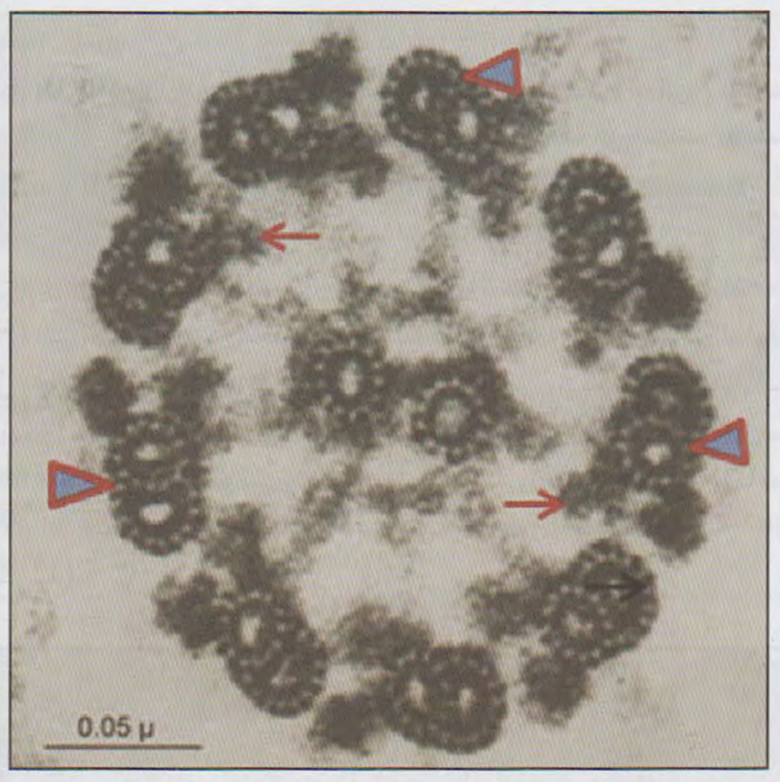
• **ذيل الحيوان المنوي**

يبلغ طول ذيل الحيوان المنوي في الإنسان حوالي 55 µm ويبلغ قطره حوالي 7 µm عند بدايته 0.1 µm عند نهايته. ويتكون الذيل من ثلاثة أجزاء، هي من الأمام إلى الخلف: **القطعة الوسطى middle piec** و**القطعة الأساسية principal piece** و**القطعة النهائية end piece** (شكل 10). كما يظهر من الشكل المذكور، تختلف هذه الأجزاء في تركيبها الداخلي.

يتشكل الذيل من **محور axoneme** مكون من تسع **ثنائيات doublets** من **الأنيبيبات الدقيقة mi-crotubule** التي تحيط بأنيبيبين دقيقين في الوسط، ولكل ثنائية من الأنيبيبات الدقيقة ذراعين تكونان من **البروتين داينين dynein** (شكل 13،12) المسؤول عن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية، نظراً لأن لهذا البروتين قدرة إنزيم ATPas. ويوجد حول هذا المحور تسعة ألياف اكنة **dense fibers** وغمد ميتوكوندريوني في القطعة الوسطى (مقدمة الذيل)، بينما يوجد سبعة ن هذه الألياف **وغمد ليفي fibrous sheath** حول محور **القطعة الأساسية principal piec** (شكل 12).



(**شكل 12**) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ للقطعة الوسطى (يمين) والقطعة الأساسية (يسار) من ذيل حيوان منوي. لاحظ الألياف الداكنة (df) والغمد الليفي (fs) وغمد الميتوكوندريا (m) وغشاء الخلية المنوية (سهم)



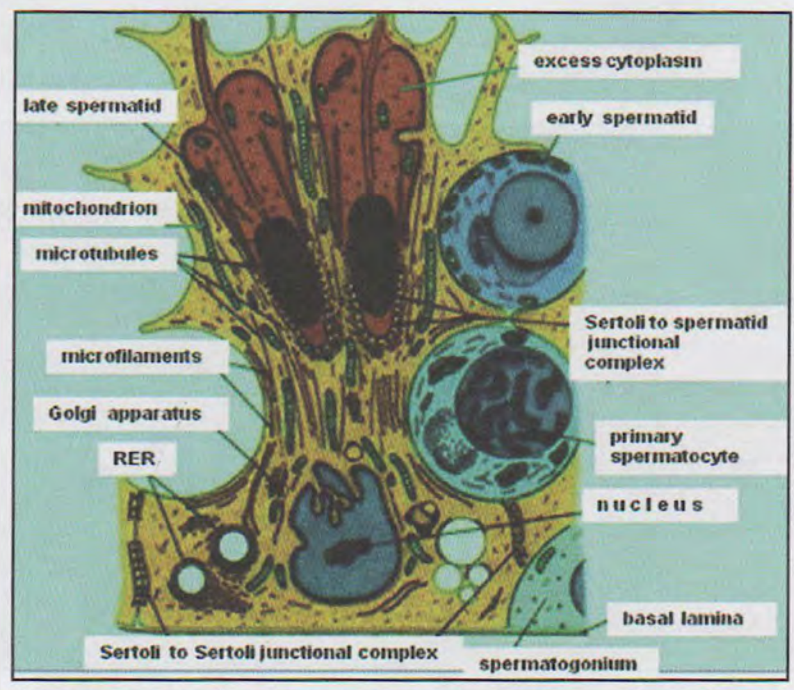
(**شكل 13**) صورة بالمجهر الإلكتروني لمحور ذيل حيوان منوي. لاحظ ثنائيات الأنيبيبات الدقيقة (رأس سهم) وأذرع داينين (سهم) والأنيبيبين الفرادى في الوسط

ج. خلايا سرتولي Srtoli Cells

- **تركيب خلايا سرتولي**

هذه خلايا هرمية الشكل، ترتكز قواعدها على الصفيحة القاعدية للأنيبيب المنوي، وتمتد قممها حتى تجويف هذا الأنيبيب (شكل 14). ولهذه الخلايا عدة بروزات جانبية تحضن الخلايا المنوية في مراحل تمايزها المختلفة. وتحتوي خلايا سرتولي شبكة إندوبلازمية ملساء وأخرى خشنة محددة، إضافة إلى عدة ميتوكوندريا وأجسام حالة ومركب جولجي نام وأنيبيبات وخييطات دقيقة. أما نواة خلية سرتولي فلها عدة ثنايا، وتوجد فيها نوية واضحة (شكل 14).

تتصل خلايا سرتولي المتجاورة عند مستوى الخلايا المنوية الأم بـ **روابط محكمة tight junctions** تشكل **الحاجز الخصيوي الدموي blood-testicular barrier** (شكل 14)، الذي يحمي الخلايا المنوية المتقدمة من تأثيرات مواد سامة قد توجد في الدم. كذلك، تتصل خلايا سرتولي عبر **روابط فجوية gap junctions** تسمح بمرور أيونات هامة بينها، مما ينسق دورة انقسام الخلايا المنوية.



(**شكل** 14) رسم لخلية سرتولي كما تظهر في مجهر إلكتروني نافذ. لاحظ أذرع الخلية الجانبية والرأسية التي تحضن مراحل تمايز الخلايا المنوية. كذلك، تبين العضيات الخلوية التي تساعد في هذا النشاط

- **وظائف خلايا سرتولي**

تقوم خلايا سرتولي بعدة وظائف، أهمها:

أ. دعم وحماية وتغذية الحيوانات المنوية.

ب. تفكيك السيتوبلازم الذي تطرحه الحيوانات المنوية بعد انتهاء تمايزها.

ج. تسهيل انسياب الحيوانات المنوية بإفرازها سوائل داخل الأنيبيبات المنوية.

د. إفراز **بروتين رابط الأندروجين androgen binding protein** الذي يرتبط بهرمون تستوستيرون لحفز تكوين الحيوانات المنوية.

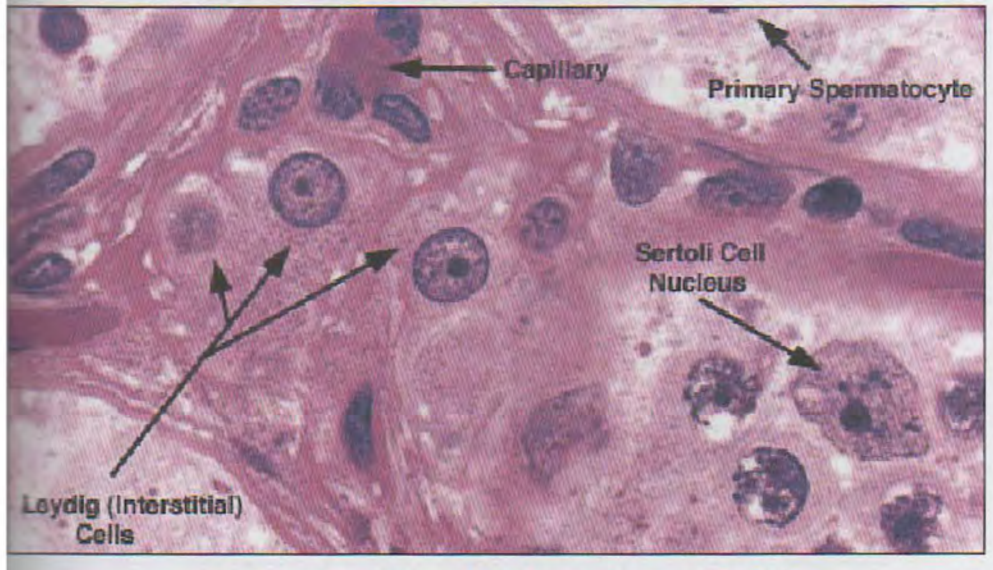
ه. إطلاق الحيوانات المنوية وذلك بتراجع أذرعها التي تحضن تلك الخلايا.

و. إفراز **هرمون إحباطين inhibin** الذي يكبح توليد وإطلاق **هرمون FSH** الذي ينشط دورة انقسام الخلايا المنوية، وفي ذلك ضبط لهذه العملية.

2.1.1 النسيج البيني Interstitial Tissue

تنفصل الأنيبيبات المنوية عن بعضها بنسيج يحتوي خلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة وخلايا ضامة غير متمايزة وأوعية دموية (شكل 15). والشعيرات الدموية في هذا النسيج هي من النوع المثقب الذي يسمح بالعبور الحر للجزيئات الكبيرة، مثل بعض بروتينات الدم، إلى الأنيبيبات

المنوية. وفي مرحلة البلوغ، يظهر في النسيج البيني **خلايا لايدج Leydig cells** (شكل 15) التي تحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء وعدة ميتوكوندريا. وتنتج هذه الخلايا هرمون تستوستيرون.



(**شكل** 15) صورة مجهرية ضوئية لمنطقة النسيج البيني وتظهر خلايا لايدج

2. القنوات التناسلية Genital Ducts

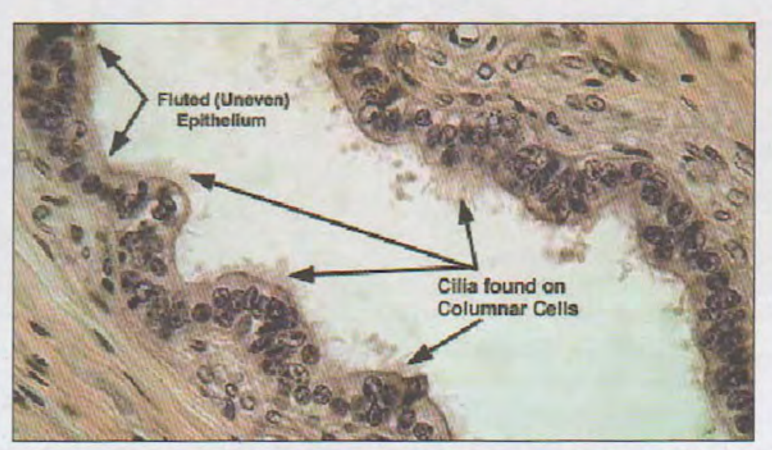
تكون هذه القنوات **داخل الخصية intratesticular** وتشمل **الأنيبيبات المستقيمة tubuli recti** و**شبكة الخصية rete testis** و**القنيات الصادرة ductuli efferentes** (شكل 1)، إضافة إلى قنوات **خارج الخصية extratesticular** وتشمل **قناة البربخ ductus epididymis** و**الوعاء الناقل vas deferens** و**الإحليل urethra** و**القضيب penis** (شكل 1).

1.2 القنوات داخل الخصية

تأخذ الأنيبيبات المنوية شكل حلقات، ينتهي كل منها بأجزاء دقيقة تسمى **الأنيبيبات المستقيمة** التي تتشكل من نسيج طلائي مكعب بسيط (شكل 16)، يدعمه نسيج ضام كثيف غير منتظم. وتصب هذه الأنيبيبات بـ **شبكة الخصية rete testis**، التي تتكون من قنوات دقيقة ومتشعبة جداً وتبطن بنسيج طلائي مكعب بسيط. وتمتد من الشبكة المذكورة **قنيات صادرة ductuli efferentes** يتراوح عددها بين 10-20، وتتكون بطانتها من خلايا مكعبة غير مهدبة، إضافة إلى خلايا مهدبة (شكل 17) تخلق بضرباتها تيارا يحرك الحيوانات المنوية باتجاه البربخ. ويرتكز النسيج الطلائي المشار إليه على صفيحة قاعدية تحيط بها طبقة من خلايا عضلية دائرية ملساء. وتندمج القنيات الصادرة تدريجياً لتشكل **قناة البربخ ductus epididymis** (شكل 2).



(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية لمنطقة الانتقال من أنيبيب منوي إلى أنيبيب مستقيم. لاحظ التحول من نسيج طلائي طبقي في الأول إلى نسيج مكعب بسيط في الثاني



(**شكل** 17) صورة مجهرية ضوئية لجزء من قنية صادرة تظهر بطانتها مكونة في بعض المناطق من نسيج مكعب بسيط يحمل أهدابا، ويظهر في مناطق أخرى وكأنه طبقي

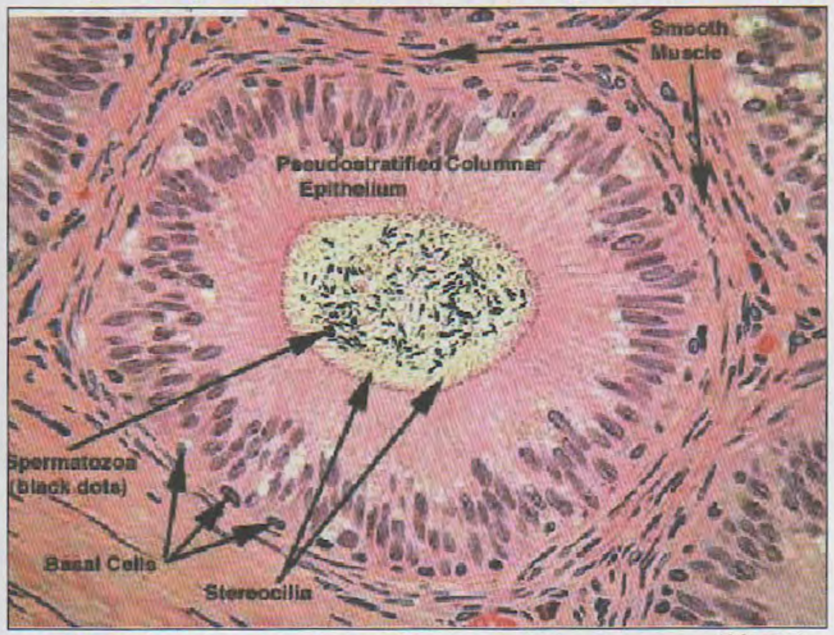
2.2 القنوات خارج الخصية

تخرج الحيوانات المنوية من الخصية وقنواتها لتسير في ممرات تبدأ بـ **البربخ epididymis** مرورا بـ **الوعاء الناقل vas deferens** و**القضيب penis** (شكل 1).

1.2.2 البربخ Epididymis

هذا أنيبيب كثير الالتواء، يتراوح طوله بين 4-6 أمتار ويعتبر مكان تجميع وتخزين الحيوانات المنوية. يبطن هذا الأنيبيب بنسيج طلائي طبقي كاذب يحمل **أهدابا كاذبة stereolcilia** (هي أشبه بالخملات الدقيقة في تركيبها الدقيق)، ويتشكل من خلايا قاعدية دائرية وأخرى عمادية.

تحتوي شبكة إندوبلازمية خشنة كبيرة، إضافة إلى مركب جولجي كبير يحيط بالنواة. وتساهم الخلايا القاعدية للنسيج الطلائي في تفكيك المخلفات الستوبلازمية التي تطرح أثناء تمايز الطلائع المنوية. ويحاط النسيج الطلائي للبربخ بعضلات ملساء (شكل 18) تساهم حركتها الدودية بتحريك الحيوانات المنوية داخل هذا العضو الطويل باتجاه الوعاء الناقل.

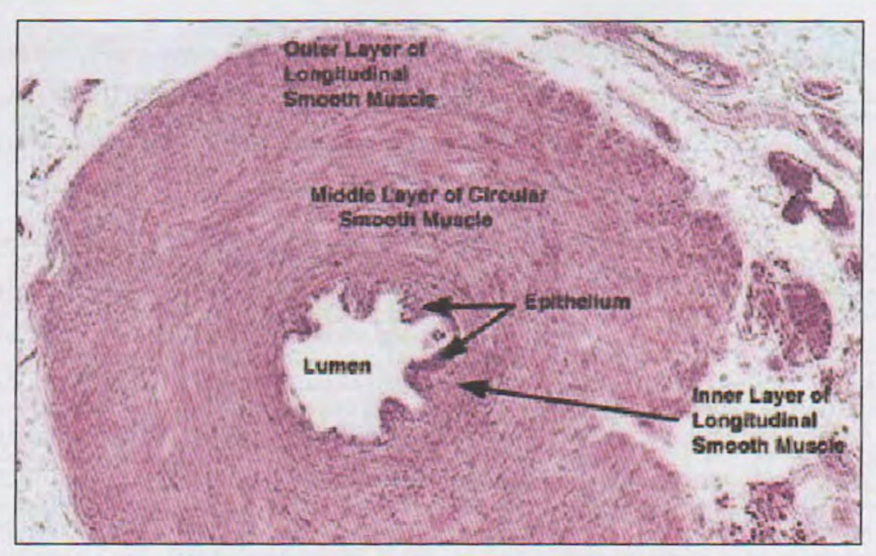


(**شكل** 18) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في البربخ، وفي تجويفه حيوانات منوية. لاحظ النسيج الطلائي الكاذب والخلايا العضلية الملساء المحيطة به.

2.2.2 **الوعاء الناقل Vas Deferens**

يطلق على هذا الجزء إسم آخر هو **القناة الناقلة ductus deferens**، ولهذا الوعاء بطانة (شكل 19) تتكون من نسيج طلائي طبقي كاذب تغطي أسطح خلاياه خملات دقيقة. ويظهر على طول هذه البطانة ثنايا كثيرة، وهي ترتكز على صفيحة غنية بالألياف المرنة، تحيط بها طبقة طولية عضلية داخلية وأخرى طولية خارجية تفصلهما طبقة من الخلايا العضلية الدائرية (شكل 19). ويبلغ سمك هذه المنطقة حوالي 1.0 ملم، ويحيط بها طبقة خارجية من النسيج الضام.

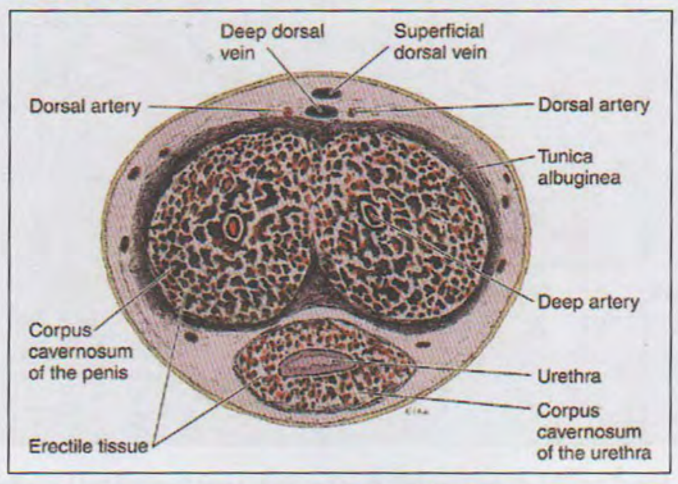
يعتبر الوعاء الناقل جزءا من **الحبل المنوي spermatic cord** الذي يشمل أيضا الشريان المنوي وضفيرة من الأعصاب. ويحيط بالحبل المنوي **عضلة مشمّرة cremaster muscle** تمتد باتجاه الخصية وتغلفها بحيث ترفعها إلى داخل الجسم في حالات البرد والخوف. ويشكل الوعاء الناقل في جزئه الأخير، انتفاخا مغزلي الشكل يدعى **الجراب ampulla** (شكل 1). وكما نلاحظ من الشكل 1، يلتقي آخر الجراب مع الحوصلة المنوية **seminal vesicle** ويدخل بعدها **غدة البروستات prostate**، حيث يسمى هناك بـ **قناة القذف ejaculatory duct** (شكل 1).



(**شكل** 19) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في وعاء ناقل

3.2.2 **القضيب Penis**

يتكون القضيب من ثلاث كتل أسطوانية انتصابية إضافة إلى **الإحليل urethra** (شكل 20)، ويحيط به الجلد من الخارج. وكما يظهر من الشكل المذكور تحتل كتلتان من هذه الكتل موقعا ظهريا، يسمى كل منهما **الجسم الكهفي للقضيب corpus cavernosum of the penis**. أما الكتلة الثالثة فتحتل موقعا بطنيا وتدعى **الجسم الكهفي للإحليل corpus cavernosum of the urethra** الذي يتسع عند نهايته ليكون **حشفة القضيب glans penis**(شكل 1). وتغطى الأجسام الثلاثة

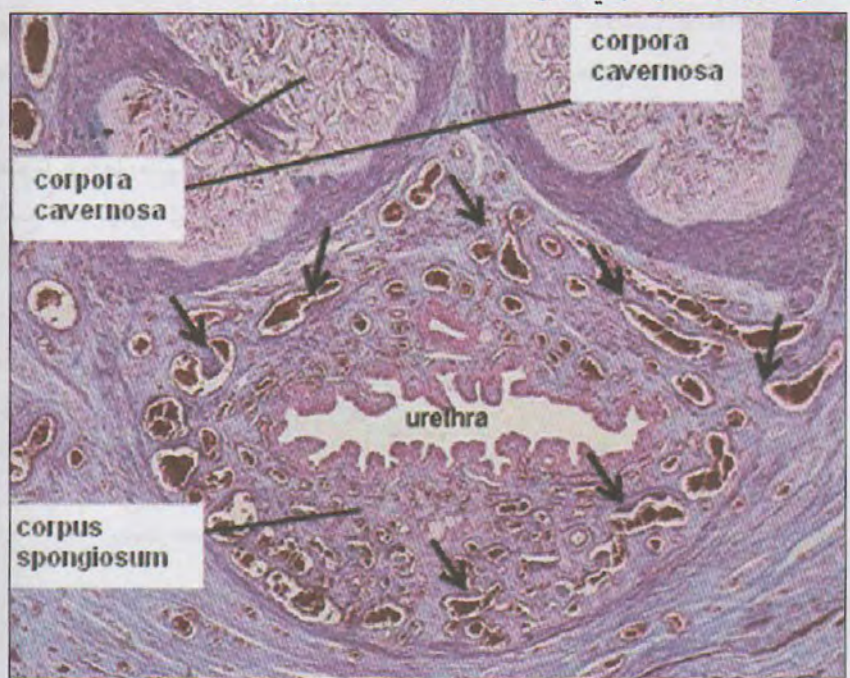


(**شكل** 20) رسم لمقطع عرضي في القضيب

بنسيج ضام كثيف يسمى **الغلاف الأبيض tunica albuginea** (شكل 20) الذي يتكون من **نسيج انتصابي erectile tissue** (شكل 20) يمثل حيزات وريدية تبطن بخلايا غير مثقبة، وتنفصل عن بعضها بـ **حواجز trabeculae** تتألف من ألياف ضامة وخلايا عضلية ملساء.

يمتد الجلد فوق حشفة القضيب كثنية قابلة للإنكماش وتحتوي غددا دهنية، إضافة إلى نسيج ضام كثيف وألياف عضلية ملساء. ويبطن معظم إحليل القضيب بنسيج طلائي طبقي كاذب يتحول إلى طبقي حرشفي في منطقة الحشفة. كذلك تمتد على طول بطانة إحليل القضيب غدد مخاطية تدعى **غدد لتر glands of Littre**.

يتزود القضيب بـ **شرايين عميقة deep arteries** تتفرع لتكوّن شرايين مغذية تزود الحواجز في الغلاف الأبيض المشار إليه (شكل 20)، إضافة إلى شرايين أخرى لولبيّة تصب مباشرة في النسيج الانتصابي. ويعتمد انتصاب القضيب على منبهات من الجهاز **نظير الودي parasympathetic** تعمل على توسعة أوعيته الدموية (شكل 20، 21)، ويتزامن ذلك مع تثبيط منبهات **الجهاز الودي sympathetic** القابضة لعضلات الأوعية الدموية في الخصية. وتؤدي توسعة شرايين القضيب إلى زيادة تدفق الدم إليه وبالتالي انتصابه. وبعد القذف، تقل المنبهات القادمة من الجهاز نظير الودي ويعود القضيب لحالة الاسترخاء.



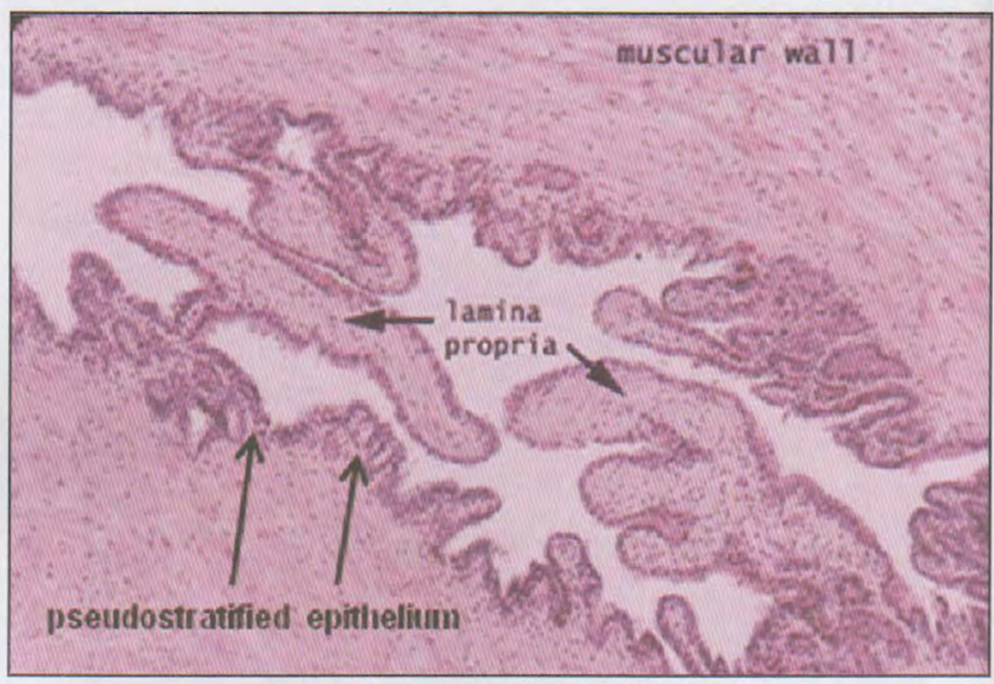
(**شكل** 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في القضيب. لاحظ وفرة الأوعية الدموية في الجسم الإسفنجي المحيط بالإحليل (أسهم)

3. الغدد التناسلية المساعدة Accessory Genital Glands

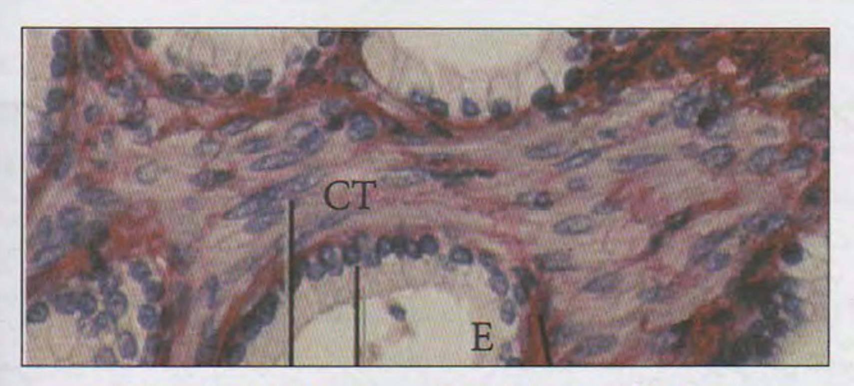
تشمل هذه الغدد حوصلتين منويتين seminal vesicles والبروستات prostate وغدتي كوبر Cowper's glands.

1.3 الحوصلة المنوية Seminal Vesicle

هذه تركيب كيسي الشكل يبلغ طولها حوالي 15 سم، تنشأ كانبعاج من الوعاء الناقل (شكل 1)، وتركيبهما النسيجي متشابه. وتشكل بطانة هذه الحوصلة نظاما معقدا من الثنايا الأولية التي تتفرع إلى ثنايا ثانوية وثالثية تمتد وتتشابك داخل تجويف الغدة، مما يؤدي إلى تكوين عدة تجاويف بأحجام مختلفة، تنفصل عن بعضها بفواصل نحيفة ومتفرعة وتفتح كلها في تجويف مركزي كبير (شكل 22). وتتكون بطانة الحوصلة المنوية من نسيج طلائي طبقي كاذب، طبقته السطحية غنية بحبيبات إفرازية، يقع تحتها خلايا قاعدية مستديرة. وترتكز البطانة إلى صفيحة فيها عدة ألياف مرنة تحيط بها طبقة رقيقة من خلايا عضلية ملساء (شكل 23) تتزود بألياف عصبية من النوع الودّي.



(**شكل** 22) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في حوصلة منوية

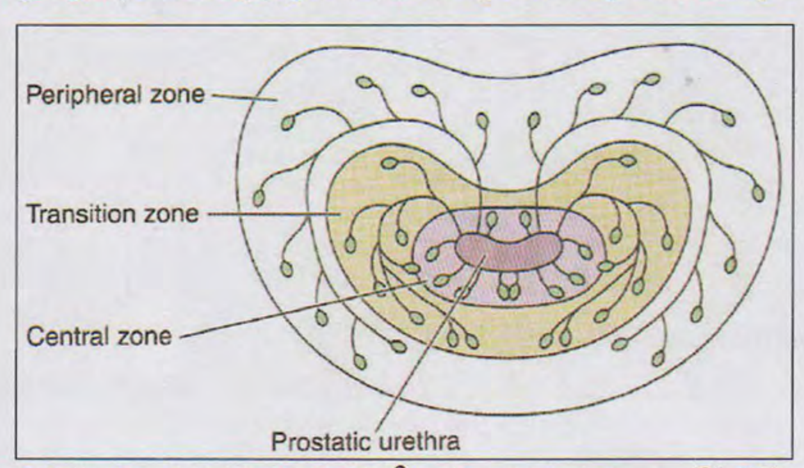


(**شكل** 23) صورة مجهرية ضوئية لجزء من حوصلة منوية يظهر النسيج الطلائي المهدب(E) وتحته نسيج ضام (CT) وألياف عضلية ملساء

تفرز الحوصلة المنوية سائلا لزجا أصفر يحتوي مواد منشطة للحيوانات المنوية، ومن هذه المواد **فركتوز fructose** و**بروستاجلاندنز prostaglandins** وعدة بروتينات. وتشكل إفرازات الحوصلتين حوالي 70% من حجم السائل المنوي. وبينت الدراسات إن نشاط النسيج الطلائي للحوصلتين يعتمد على مستوى تستوستيرون. فعند انخفاض مستوى هذا الهرمون إلى حد كبير، يضمر النسيج الطلائي للحوصلتين بنسبة مرتفعة.

2.3 غدة البروستات Prostate Gland

تعتبر هذه الغدة تجمعا لحوالي أربعين غدة أنبوبية حوصلية متفرعة، تصب قنواتها في الإحليل البروستاتي. وتنتظم الغدد المشار إليها في ثلاث مجموعات متراكزة حول الإحليل، وهذه الغدد هي: **المخاطية mucosal** و**تحت المخاطية submucosal** و**الرئيسة main** (شكل 24).

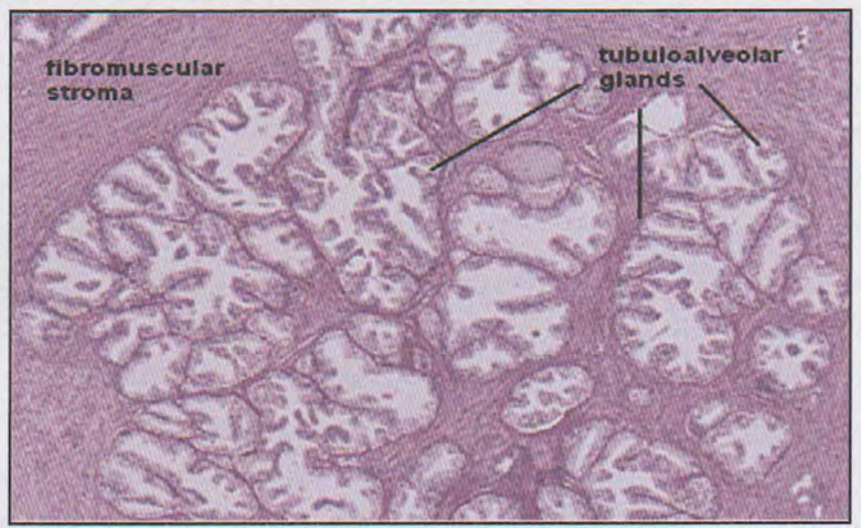


(**شكل** 24) رسم يبين توزيع غدد البروستات في 3 مناطق تتمركز حول إحليل البروستات: المركزية ويوجد فيها الغدد المخاطية، والمنطقة الإنتقالية وتقع فيها الغدد تحت المخاطية والمنطقة الطرفية ويوجد فيها الغدد الرئيسة

النسيج الطلائي المبطن للغدد المخاطية وتحت المخاطية المشار إليهما هو من النوع الطبقي الكاذب (شكل 25). أما في الغدد الرئيسة فيكون النسيج الطلائي من النوع العمادي البسيط. وتتشكل لحمة البروستات من نسيج ضام كثيف يحتوي ألياف كولاجينية، وشبكة من الألياف المرنة، إضافة إلى عدة ألياف عضلية ملساء تنتظم في حزم ذات سماكات مختلفة (شكل 26). كذلك، يشكل النسيج الضام كبسولة تحيط بهذه الغدة، وتخرج من هذه الكبسولة عدة فواصل (شكل 26) تخترق جسم الغدة لتقسيمها إلى عدة فصوص يصعب تمييزها في الذكر البالغ. ويزود النسيج العضلي لهذه الغدة بألياف عصبية غير منخعة تتصل بعقدة ودية صغيرة.

تتكون معظم إفرازات البروستات في الغدد الرئيسة وتبلغ درجة حموضتها (pH) حوالي 6.5. وتحتوي هذه الإفرازات إنزيم **أميليز amylase** وإنزيمات مفككة للبروتينات، والدهون، إضافة إلى **فوسفاتيز الحامضي acid phosphatase** الذي يرتفع تركيزه في المرضى المصابين بسرطان البروستات. ومن إفرازات غدة البروستات مولد الضد الخاص بـ **البروستات prostate specific antigen (PSA)**. ونظرا لأن إفرازه يزداد أثناء الإصابة بالسرطان، فإن منسوبه بالدم يسهل تشخيص المرض ومعالجته.

ويلاحظ في إفرازات البروستات بعض الخلايا المتساقطة، إضافة إلى أجسام كروية متراكزة تدعى **حصيات البروستات prostatic concretions**. ويعتقد أن هذه الأجسام تنشأ نتيجة تكثيف إفرازات الغدة المذكورة. وقد تصبح هذه الأجسام متكلّسة، ويتجاوز قطرها 1.0 ملم. وفي بعض الأحيان تشاهد هذه الأجسام في السائل المنوي، ويزداد عددها بتقدم العمر.



(**شكل** 25) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في البروستات. لاحظ الغدد الأنبوبية الحوصلية ذات الثنايا المتعددة، ولحمة الغدة المكونة من ألياف عضلية وكولاجينية ومرنة



(**شكل** 26) صورة مجهرية ضوئية لجزء من غدة البروستات تبين النسيج الطبقي الكاذب (E) والنسيج العضلي الليفي (M) الذي يفصل بين الغدد ويحيط بها

3.3 غدة كوبر Cowper's Glands

يطلق على غدة كوبر اسم **الغدة البصلية الإحليلية bulbourethral gland**، ويبلغ قطرها حوالي 4.0 ملم، وهي من النوع الأنبوبي الحوصلي. تقع غدتا كوبر تحت غدة البروستات بالقرب من بداية الإحليل حيث يصبان فيه (شكل 1). وتبطن غدة كوبر بنسيج طلائي مكعب بسيط يفرز مادة مخاطية شفافة تلّين مجرى الحيوانات المنوية، ويحيط به نسيج ضام كثيف وآخر عضلي يحتوي أليافا عضلية هيكلية وملساء. ويمتد النسيج العضلي إلى داخل الغدة على هيئة حواجز ليقسمها إلى عدة فصوص.

4. السائل المنوي Semen

يمثل هذا السائل خليطاً من الحيوانات المنوية وإفرازات الغدد التناسلية التي أشرنا إليها آنفاً. أبرز مكونات هذا السائل سكر الفركتوز الذي يشكل المصدر الأساسي لطاقة الحيوانات المنوية. ويبلغ حجم هذا السائل في كل قذفة حوالي 3.5 مل، ويتراوح عدد الحيوانات المنوية فيه بين 150 و 300 مليون. تبلغ حموضة السائل المنوي حوالي 7.5، ويتصف بلون أبيض لزج نتيجة إفرازات الحوصلتين المنويتين وغدة كوبر. وتساعد قاعدية هذا السائل إلى تخفيف حامضية الإحليل والمهبل. كذلك، فإنه يحتوي إنزيمات تنشط الحيوانات المنوية بعد القذف.

17

الفصل السابع عشر

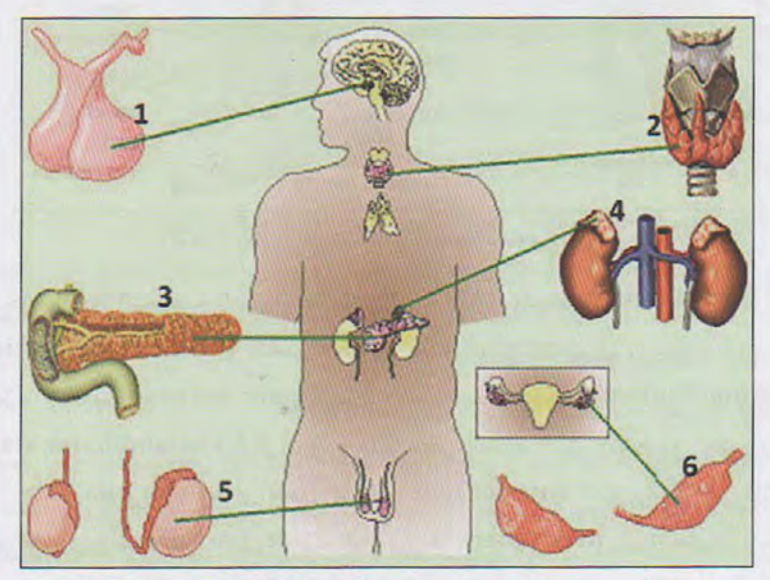
جهاز الغدد الصم

Endocrine System

يقوم الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم بتنسيق أنشطة الأنسجة المختلفة. ولقد تناولنا في الفصل السادس الأنسجة العصبية، وندرس في هذا الفصل الغدد الصم الرئيسة، وهي: **النخامية pituitary والدرقية thyroid والبنكرياس pancreas والكظرية adrenal وجارات الدرقية parathyroids والجسم الصنوبري pineal body والمناسل gonads** (شكل 1)، ويعتمد عمل هذا الجهاز على ثلاثة عناصر هي: **الغدد الصم endocrine glands والهرمونات hormones والأعضاء المستهدفة target organs**.

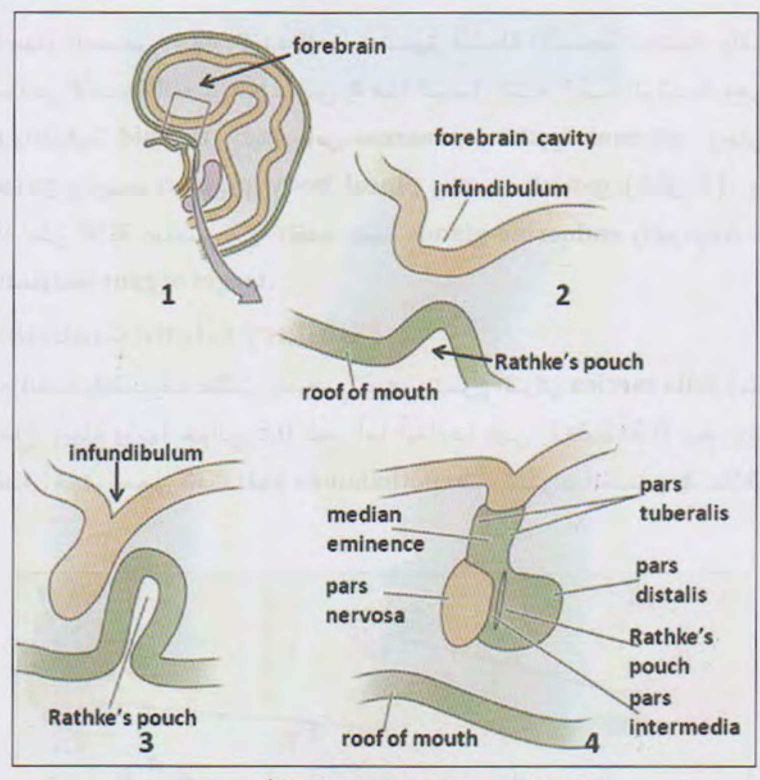
1. الغدة النخامية Pituitary Gland

تقع هذه الغدة في تجويف عظمي جمجمي يدعى **السَرج التركي sella turcica** (شكل 3) عند قاعدة الدماغ، ويبلغ وزنها حوالي 0.5 غم. أما أبعادها فهي: 0.5x1.2x1 سم. وتتصل الغدة المذكورة بغدة أخرى تسمى **تحت المهاد hypothalamus**، وتشترك الغدتان في علاقات نسيجية ووظيفية.



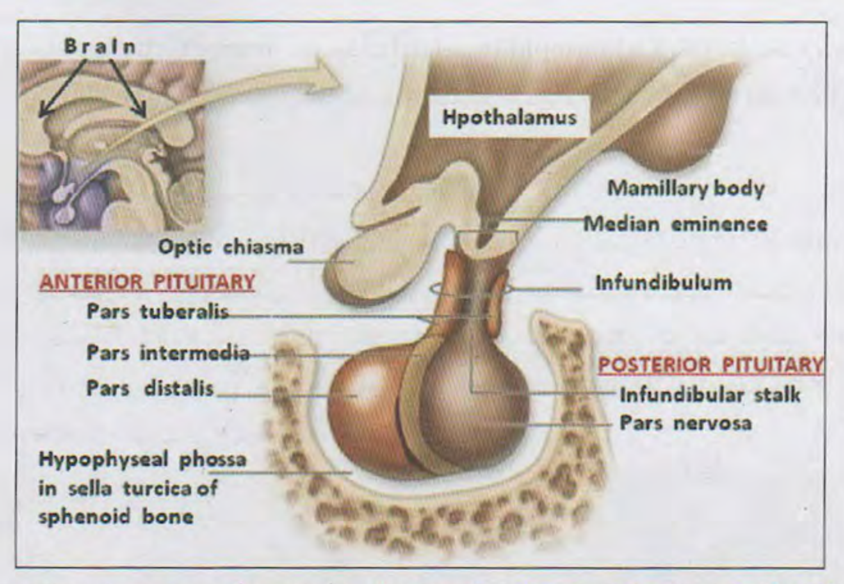
(**شكل 1**) رسم يبين الغدد الصم، وهي: النخامية (1) و الدرقية (2) والبنكرياس (3) والكظرية (4) و الخصية (5) و المبيض (6)

تنشأ الغدة النخامية من مصدرين، هما **الأدمة الخارجية ectoderm** المبطنة لسقف الفم وتأخذ شكل انبعاج يدعى **جيب راثكي Rathke's pouch** والأدمة الخارجية المبطنة لإنبعاج في أرضية **الدماغ البيني diencephalon** (وهو جزء من **الدماغ الأمامي forebrain**)، يسمى **القمع infundibulum**(شكل 2)، وفي مرحلة لاحقة من التكوين الجنيني، ينفصل الجيب المذكور عن تجويف الفم، ويتلغظ جداره الأمامي بحيث يتقلص تجويف هذا الجيب إلى شق صغير(شكل 2).



(**شكل 2**) تكوين الغدة النخامية بفصّيها الأمامي والخلفي

يسمى جزء الغدة النخامية الذي ينشأ من أرضية **الدماغ البيني infundibulum** بـ **النخامية العصبية neurohypophysis** أو **الفص الخلفي posterior lobe** الذي يتكون من جزء كبير يدعى **الجزء العصبي pars nervosa** وجزء صغير يسمى **القمع infundibulum** أو **العنق القمعي infundibular stalk** (شكل 3). ويطلق على الجزء الذي ينشأ من جيب راثكي إسم **الأمامية anteior pitaitary** أو **الفص الأمامي anterior lobe** الذي يتشكل من ثلاثة أجزاء. هي: **الجزء القاصي pars distalis** و**الجزء الحدبي pars tuberalis** الذي يحيط بقمع الدماغ. و**الجزء الوسيط pars intermedia** الذي يقع بين الجزء الحدبي والجزء القاصي (شكل 3).



(**شكل 3**) مكونات الغدة النخامية وعلاقتها بـ تحت المهاد. لاحظ أن الفص الأمامي يتكون من الجزء القاصي والجزء الحدبي والجزء الوسيط، بينما يتكون الفص الخلفي من القمع والجزء العصبي

1.1 النخامية الأمامية Anterior Pituitary

1.1.1 الجزء القاصي Pars Distalis

يشكل هذا الجزء حوالي 75% من حجم الغدة النخامية ويتألف من خلايا إفرازية تأخذ شكل حبال أو حوصلات، تنفصل عن بعضها بألياف شبكية وبشعيرات دموية كثيرة. ويحتوي هذا الجزء نوعين من الخلايا، هما: **الخلايا الكارهة للاصطباغ chromophobe cells**، و**الخلايا المحبة للاصطباغ chromophil cells** (شكل 4).

أ. الخلايا الكارهة للاصطباغ Chromophobe Cells

سميّت هذه الخلايا كذلك لأنها لا تصطبغ بالأصباغ التقليدية (هيماتوكسلين وإيوسين)، وعند دراستها بالمجهر الضوئي، يظهر سيتوبلازمها باهتا، وبدون حبيبات إفرازية واضحة. وتنتمي معظم الخلايا الكارهة للإصطباغ لمجموعة خلوية تسمى **الخلايا الحوصلية follicular cells** التي تتصف ببروزات طويلة تشكل شبكة دعامة لبقية الخلايا في الفص الأمامي للغدة الأمامية.

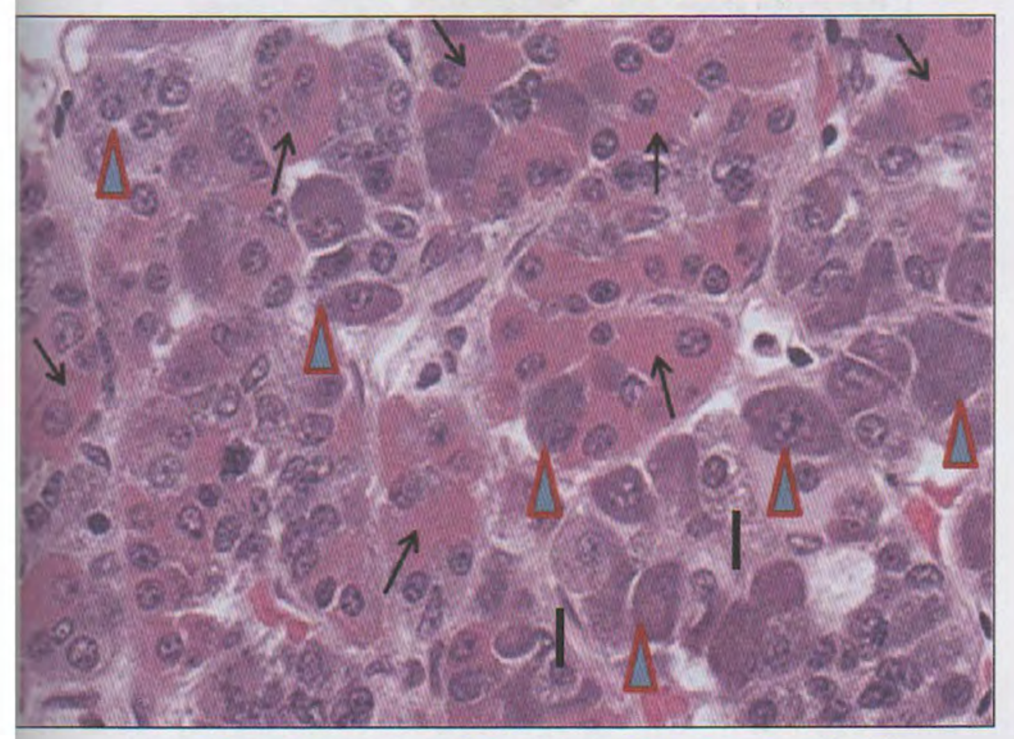
ب. الخلايا المحبة للاصطباغ Chromophilic Cells

هذه الخلايا مفرزة للهرمونات وتتفاوت في أحجامها وأعدادها، تبعا للحالة الوظيفية للأعضاء المستهدفة. وبشكل عام، يتراوح قطر هذه الخلايا بين 12-15 μm. وتحتوي هذه الخلايا شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة ومركب جولجي كبير وعدة حبيبات محاطة بأغشية وبداخلها الهرمونات المفرزة. وتصنف الخلايا المحبة للاصطباغ إلى: **محبات الأحماض acidophils** التي ترتبط

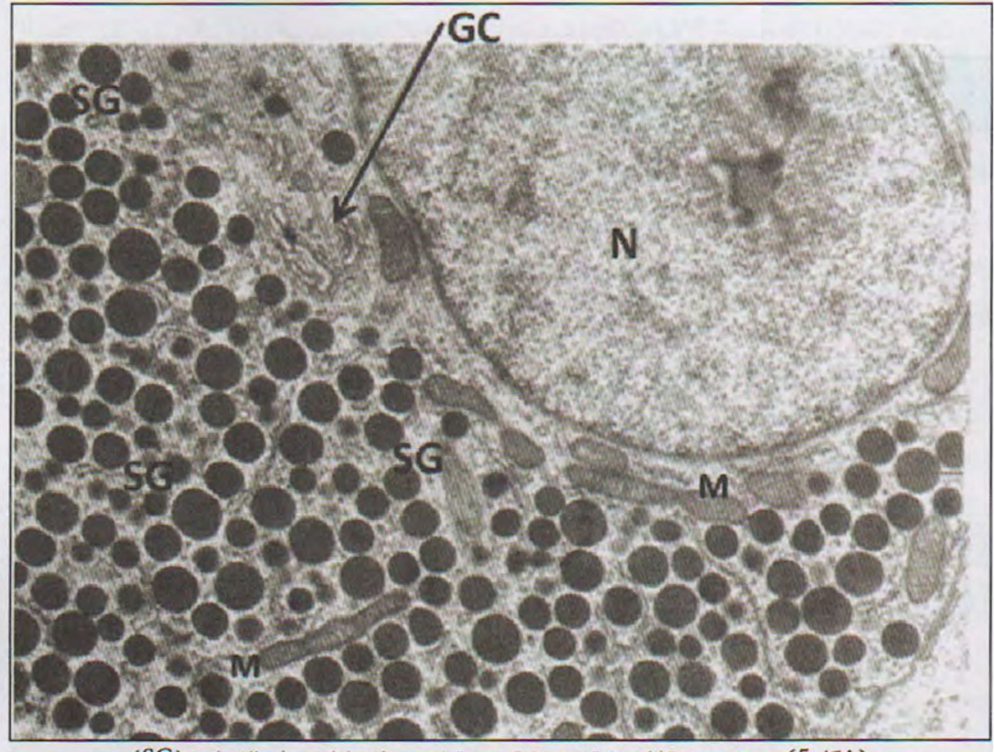
بصبغات حامضية مثل **orange G** ، ومحبات القواعد **basophilic** (شكل 4)، تصطبغ بـ صبغات قاعدية مثل **aniline blue**. كذلك يمكن إظهار الخلايا الأخيرة بطريقة **Periodic Acid Schiff** PAS.

- **الخلايا المحبة للأحماض Acidophilic Cells:**

يطلق على هذه الخلايا اسم **خلايا ألفا alpha cells** ويتراوح قطرها بين 14-20 µm، وتتسم هذه الخلايا بشكل كروي أو بيضوي وحبيبات كبيرة يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي. واعتمادا على طريقة صبغها، تصنف هذه الخلايا إلى مجموعتين، هما: **الخلايا الموجّهة للجسم somato-tropic cells** (شكل 5) وتفرز **هرمون النمو growth hormone** و**الخلايا الموجّهة للثدي mam-motropic cells** التي تفرز **الهرمون المدر للحليب prolactin** .



(**شكل 4**) صورة مجهرية ضوئية تبين الخلايا المحبة للأحماض (سهم) والخلايا المحبة للقواعد (رأس سهم) والخلايا الكارهة للإصطباغ (خط مستقيم)، في الغدة النخامية الأمامية.



(**شكل** 5) صورة مجهرية إلكترونية تبين خلية موجهة للجسم. لاحظ الحبيبات الإفرازية (SG) وجسم جولجي (GC) والميتوكوندريا (M) والنواة (N)

• **الخلايا المحبة للقواعد Basophilic Cells**:

تصطبغ هذه الخلايا جيدا بصبغة أزرق أنيلين **aniline blue**، ويمكن تمييزها بسهولة عن الخلايا المحبة للأحماض حيث تظهر بسيتوبلازم داكن (شكل 4)، وتشمل هذه المجموعة الخلوية ثلاثة أنواع هي: **الخلايا الموجّهة للدرقية thyrotropic cells** و**الخلايا الموجّهة للمناسل gonadotropic cells** و**الخلايا الموجّهة لقشرة الكظريةadrenocorticotropic cells**. ويبين الجدول التالي أبرز صفات الخلايا المحبة للأحماض والخلايا المحبة للقواعد وطبيعة ووظائف الهرمونات المفرزة.

صفات ووظائف خلايا الغدة النخامية (الأمامية)

نوع الخلايا	شكل وقطر حبيبات الإفراز	الهرمون المفرز وطبيعته الكيميائية	تأثير الهرمون
الخلايا الموجهة للجسم somatotropic cells	**دائري أو بيضوي** nm 400-350	**هرمون النمو** GH **بروتيني**	حفز نمو العظام
الخلايا الموجهة للثدي mammotropic cells	**دائري أو بيضوي** 200 nm في الذكور والإناث البالغين و 600 nm في الحوامل	**برولاكتين** prolactin **بروتيني**	حفز إفراز الحليب
الخلايا الموجهة للدرقية thyrotropic cells	غير منتظم nm 200-120	**الهرمون المحفز للدرقية** TSH بروتين كربوهيدراتي	حفز نشاط الغدة الدرقية
الخلايا الموجهة لقشرة الكظرية somatotropic cells	نجمي 400-500 nm	**الهرمون المغذي لقشرة الغدة الكظرية** ACTH متعدد الببتيد	حفز قشرة الغدة الكظرية
الخلايا الموجهة للمناسل gonadotropic cells **أ. مفرزات** FSH **ب. مفرزات** LH	**دائري** 250-400 nm **دائري** 250-400 nm	FSH **بروتين كربوهيدراتي** LH **بروتين كربوهيدراتي**	حفز تكوين البويضات والحيوانات المنوية حفز الجسم الأصفر وحفز خلايا لايدج

2.1.1 **الجزء الحدبي Pars Tuberalis**

يحيط هذا الجزء بمنطقة القمع التابعة للنخامية العصبية (شكل 3) وهو غني بالأوعية الدموية، وتفرز معظم خلاياه **هرموني FSH و LH**، وتنتظم الخلايا في حبال تمتد جنباً إلى جنب مع الشعيرات الدموية.

3.1.1 **الجزء الوسيط Pars Intermedia**

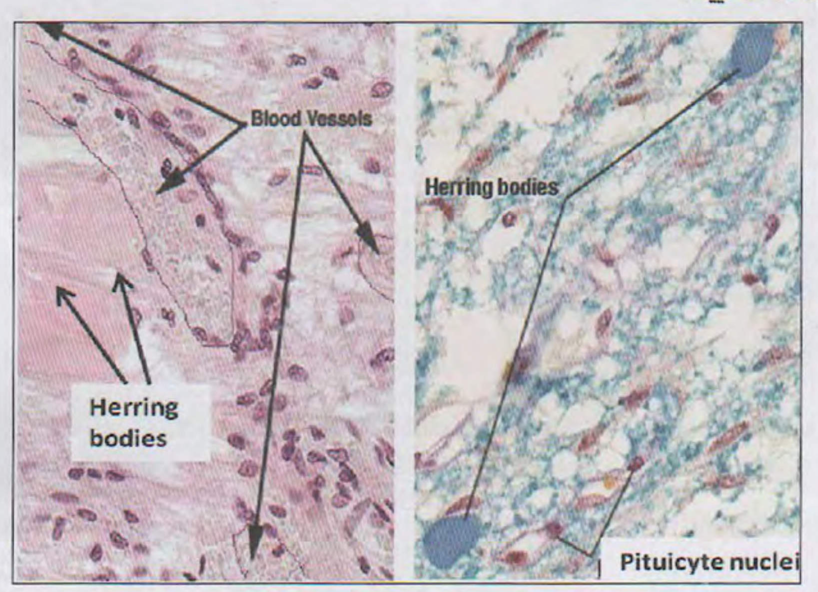
يكون هذا الجزء على هيئة حبال خلوية محبة للقواعد وتحتوي حبيبات إفرازية صغيرة لا تعرف وظائفها. ويعتبر هذا الجزء أثرياً، ذلك أن جيب راثكي نادراً ما يلاحظ في نخاميّات البالغين، ويحل محله **حوصلات follicles** مبطنة بنسيج طلائي مكعب يحتوي مواد هلامية.

2.1 **النخامية الخلفية Posterior Pituitary**

يطلق على هذا الجزء من الغدة النخامية **الفص الخلفي posterior lobe**، وهو يتكون من **الجزء العصبي pars nervosa والقمع infundibulum** الذي يتصل بـ **تحت المهاد hypothalamus** (شكل 3). وبخلاف الفص الأمامي الذي يتألف من خلايا طلائية، فإن الفص الخلفي يتشكل من حوالي 100 ،000 **محور غير منخّع unmyelinated axons** لخلايا عصبية إفرازية.

تتسم الخلايا العصبية الإفرازية بجميع صفات الخلايا العصبية، بما في ذلك نقل السيال العصبي، غير أن لها **أجسام نسل Nissl bodies** كثيرة. وتنتقل الإفرازات العصبية في المحاور وتتجمع في نهاياتها حيث تشكل تجمعات داكنة يطلق عليها اسم **أجسام هرنج Herring bodies** التي يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي بجوار شعيرات كبيرة مثقبة (شكل 6). ويظهر المجهر الإلكتروني أن هذه الأجسام تحتوي حبيبات إفرازية (وفيها هرمونات) يتراوح قطرها بين 100و200 nm، وتكون محاطة بأغشية. وتطلق الحبيبات لتدخل الشعيرات المثقبة الموجودة بوفرة لتتوزع داخل الدورة الدموية.

تفرز خلايا النخامية العصبية هرمونين، يتكون كل منهما من تسعة أحماض أمينية. الهرمون الأول هو **الهرمون المانع لإدرار البول antidiuretic hormone ADH** الذي يزيد من امتصاص الماء في أنيبيبات الكلية وذلك عند ارتفاع ضغط الدم. أما الهرمون الثاني فهو **أكسيتوسين oxytocin** الذي يحفز انقباض الخلايا العضلية الملساء لجدار الرحم، خاصة أثناء الولادة. كذلك، يعمل هذا الهرمون على حفز انقباض الخلايا الطلائية العضلية التي تحيط بحوصلات وقنوات الغدة الثديّية.

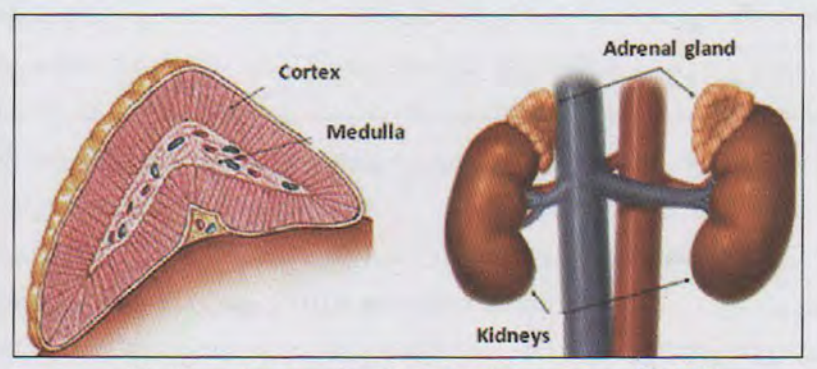


(**شكل** 6) صورة مجهرية ضوئية لجزء من النخامية العصبية. لاحظ أجسام هرنج (يمين) ووفرة الأوعية الدموية (يسار)

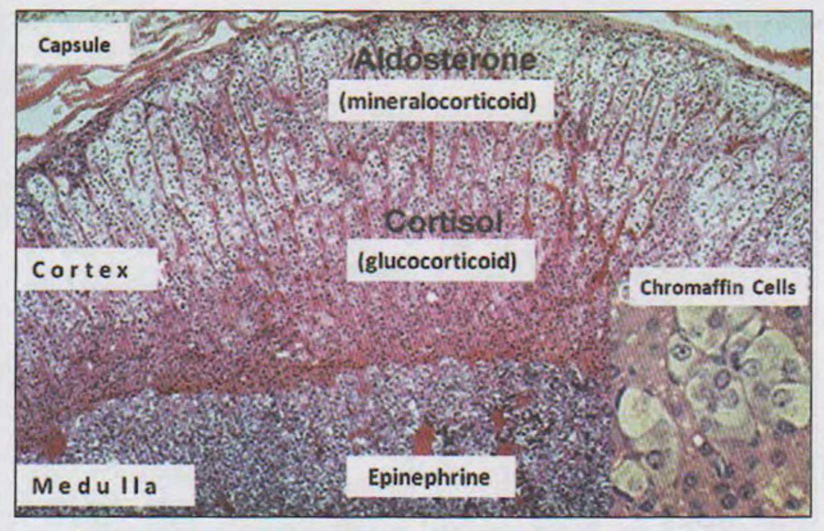
2. الغدة الكظرية Adrenal Gland

تقع هذه الغدة بجوار الجزء العلوي للكلية و تحاط بكبسولة من النسيج الضام الكثيف، وتكون مطمورة بنسج دهني، وهي مسطحة ذات شكل شبه هلالي (شكل 7)، ويبلغ طولها حوالي 5.0 سم

وسمكها 0.5 سم، وتزن حوالي 4.0 غم. وتتكون الغدة الكظرية من منطقة محيطية صفراء تدعى **القشرة cortex** ومنطقة مركزية حمراء تسمى **اللب medulla** (شكل 7، 8).



(**شكل 7**) رسم يبين موقع الغدة الكظرية (يمين) ومقطع طولي فيها (يسار).



(**شكل 8**) صورة مجهرية ضوئية لمنطقتي القشرة واللب في الغدة الكظرية. لاحظ الإفرازات الأساسية في كل منهما

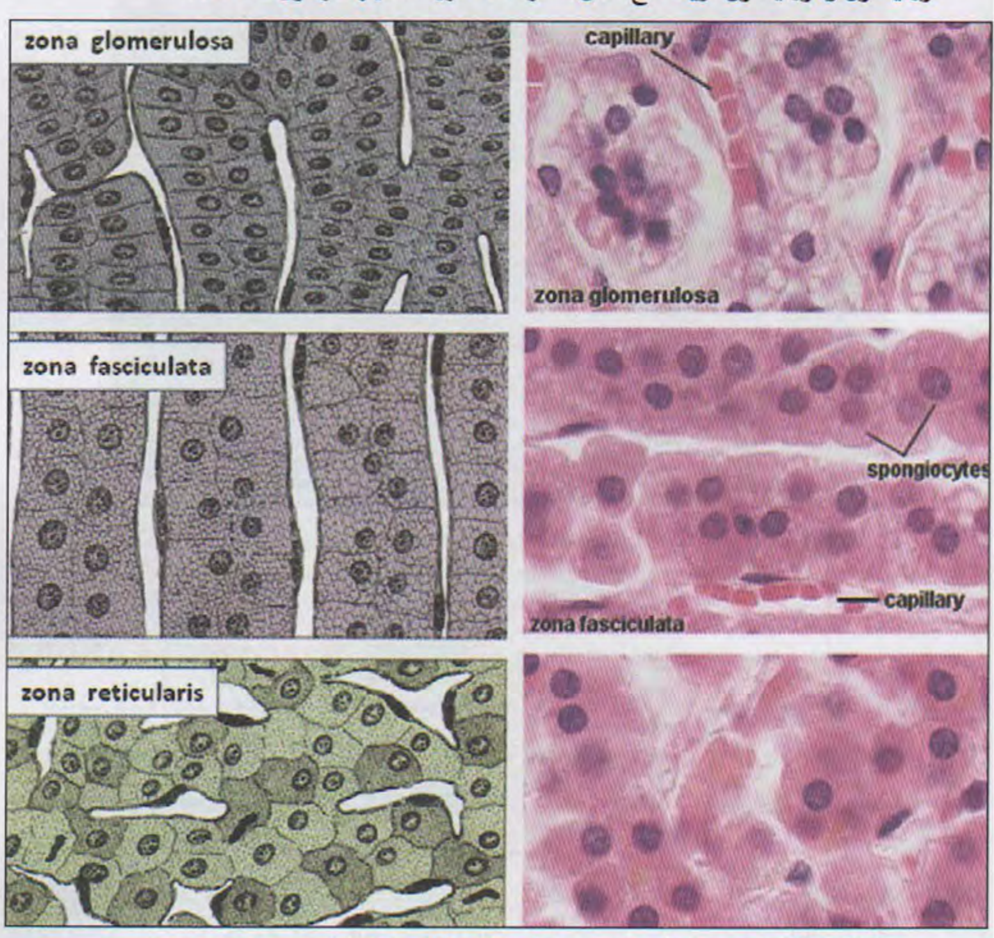
1.2 قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex

تنقسم القشرة إلى ثلاث مناطق واضحة الحدود، وهذه المناطق هي: **الكبيبية glomerulosa** **والحزمية fasciculata** **والشبكية reticularis** (شكل 9).

أ. المنطقة الكبيبية Zona Glomerulosa: تقع هذه المنطقة تحت الكبسولة، وتنتظم خلاياها في مجموعات دائرية أو مقوسة تحيط بها شعيرات دموية (شكل 9). وتفرز هذه المنطقة **ألدوستيرون aldosterone** الذي يساهم في توازن الماء وأملاح الجسم، خاصة الصوديوم.

ب. **المنطقة الحزمية Zona Fasciculata**: تنتظم خلايا هذه الطبقة على هيئة حبال (حزم) مستقيمة (شكل 9)، يتراوح سمكها بين خلية وخليتين تتعامد مع سطح الغدة الكظرية، وتمر بينها شعيرات دموية. ويحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا أعداداً كبيرة من القطيرات الدهنية، لذلك تظهر الخلايا فجوية في التحضيرات المجهرية الضوئية (شكل 9). تفرز خلايا هذه المنطقة **هرموني كورتيسون cortisone وكورتيسول cortisol** المعنيان بضبط أيض السكريات والبروتينات والدهون، إضافة إلى بعض **الهرمونات الذكرية androgens**.

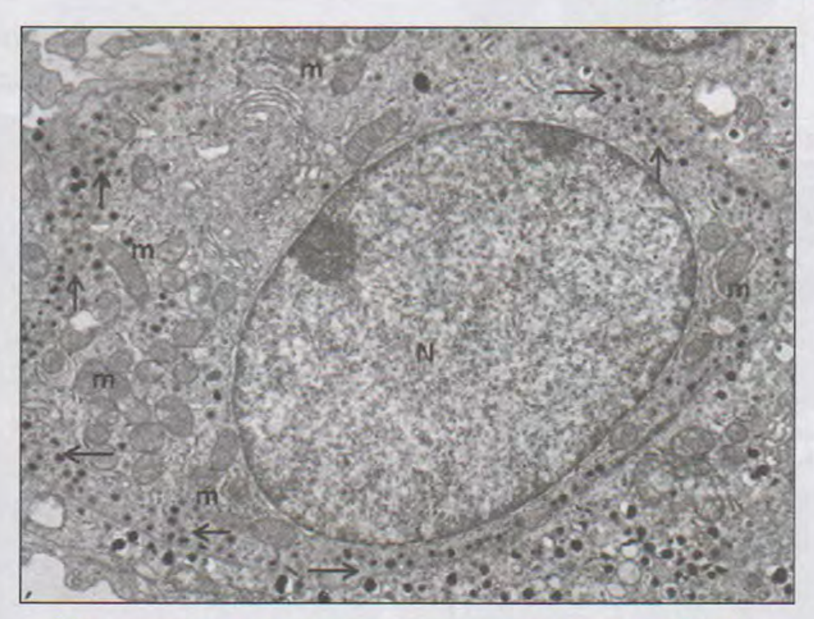
ج. **المنطقة الشبكية Zona Reticularis**: هذه هي الطبقة الداخلية من القشرة، وتتكون من خلايا صغيرة تشكل حبالا خلوية غير منتظمة تتخللها شعيرات دموية (شكل 9). ويحتوي سيتوبلازم الخلايا قطيرات دهنية قليلة وشبكة إندوبلازمية ملساء وافرة، وتفرز هرموني كورتيسون وكورتيسول، ويخضع عمل قشرة الكظرية لتأثير هرمون **ACTH**.



(**شكل** 9) رسم يبين التركيب النسيجي لقشرة الغدة الكظرية (يسار) وصور مجهرية ضوئية لمقاطع في هذه المناطق (يمين)

2.2 لب الغدة الكظرية Adrenal Medulla

تنتظم خلايا هذه المنطقة على هيئة حبال أو كتل تدعمها ألياف شبكية، وتتخللها شعيرات دموية كثيرة، إضافة إلى بعض خلايا العقد **نظير الودية** **parasympathetic ganglia**. ولخلايا اللب نوى كبيرة، إضافة إلى عدة ميتوكوندريا ومركب جولجي كبير وأنيبيبات دقيقة. أما العضيات المميزة لهذه الخلايا فهي حبيبات إفرازية داكنة، يتراوح قطرها بين 150-350 nm (شكل 10).
ويفرز لب الغدة الكظرية هرموني **إبنفرين** **epinephrine** و**نور إبنفرين** **norpinephrine** بكميات كبيرة استجابة لحالات عاطفية معينة، مثل الخوف والتوتر والمواجهة. ونتيجة لذلك، يرتفع ضغط الدم، ويزداد منسوب السكر.



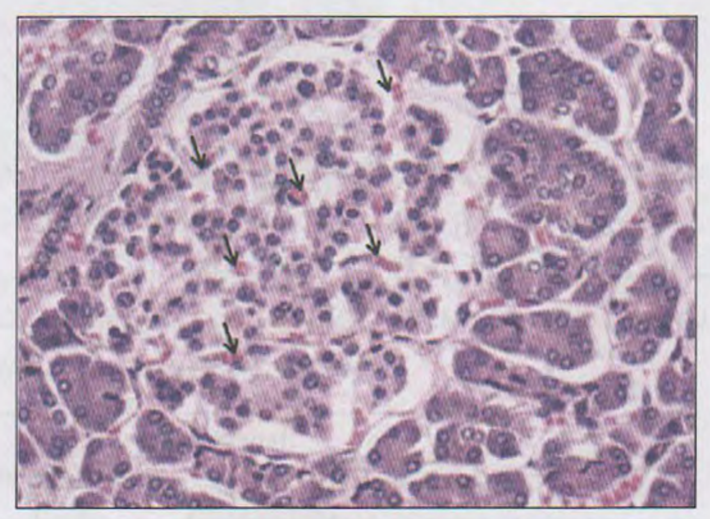
(**شكل** 10) صورة مجهرية إلكترونية لخلية من لب الغدة الكظرية. لاحظ النواة الكبيرة (N) ووفرة الميتوكوندريا (m) والحبيبات الإفرازية الداكنة (سهم)

3. البنكرياس Pancreas

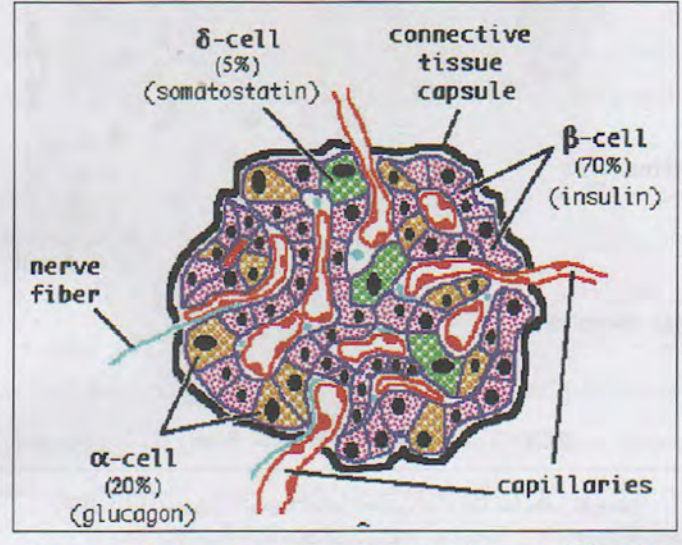
تتألف هذه الغدة من جزء قنوي يفرز إنزيمات إلى الاثنى عشر حيث تساهم في هضم البروتينات والسكريات الثنائية والأحماض النووية والدهنيات، إضافة إلى جزء غدي أصم يتكون من **جزر لانجرهانس** **islets of Langerhans**. وحيث أننا في هذا الفصل معنيون بالغدد الصم، فإننا سنعالج التركيب النسيجي لهذه الجزر.

تظهر هذه الجزر كتجمعات خلوية دائرية تكون مطمورة في النسيج القنوي للبنكرياس (شكل 11)، ويقدر عددها في بنكرياس الإنسان بحوالي مليون جزيرة، حيث يتجمع العدد الأكبر منها

في "ذيل" البنكرياس. ويتراوح قطر الجزيرة الواحدة بين 100 و200 µm، وتتكون كل جزيرة من خلايا كروية تنتظم في حبال تفصلها شبكة من الشعيرات الدموية المثقبة (شكل 11). وتزود الخلايا والشعيرات في كل جزيرة بأعصاب ذاتية، كما تحيط بكل جزيرة كبسولة من ألياف شبكية. وباستعمال طرائق تعتمد على تفاعلات مناعية خلوية، يمكننا تعيين أربعة أنواع من الخلايا في جزر هانس، أهمها: الفا (A) و بيتا (B) و دلتا (D) (شكل 12، 13، 14) .



(**شكل** 11) صورة مجهرية ضوئية لجزيرة لانجرهانس في الوسط، يظهر حولها عنيبات الجزء القنوي من البنكرياس. لاحظ وفرة الشعيرات (أسهم) حول هذه الجزيرة



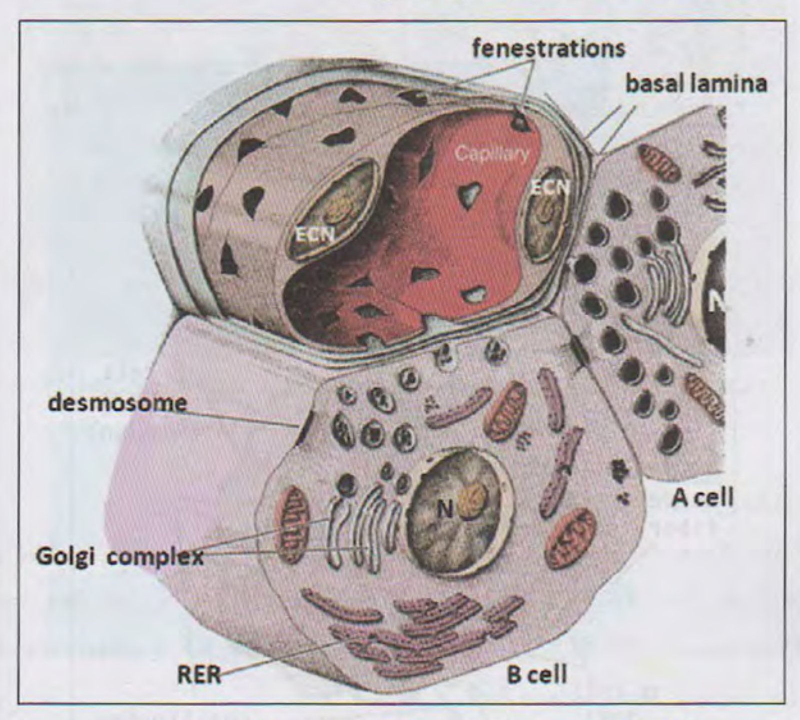
(**شكل** 12) رسم يبين الخلايا المكونة لجزيرة لانجرهانس ووفرة الشعيرات فيها

1.3 خلايا ألفا A Cells

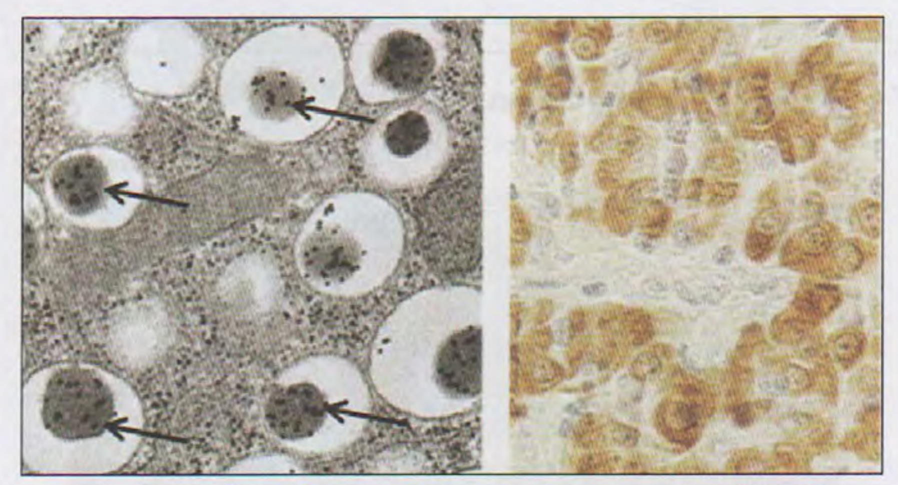
تشكل هذه الخلايا حوالي 20% من جزر لانجرهانس، وتوجد في محيط كل جزيرة، وتحتوي حبيبات إفرازية غير منتظمة يبلغ قطر كل منها حوالي 300 nm، ولها لب داكن ومحيط أقل دكانة (شكل 13). وتفرز هذه الخلايا هرمون **جلوكاجون glucagon** البروتيني (شكل 14) الذي يسبب تحطيم جلايكوجين في الكبد، ويحفز تكوين جلوكوز من بعض الأحماض الأمينية، وبالتالي زيادة منسوبه في الدم. وتحتوي هذه الخلايا كميات وافرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وكذلك من أجسام جولجي والحبيبات الإفرازية.

2.3 خلايا بيتا B Cells

هذه الخلايا هي الأكثر شيوعاً في جزر لانجرهانس، إذ تبلغ نسبتها حوالي 70% من مجموع خلايا الجزر. تتجمع هذه الخلايا في وسط كل جزيرة، ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات منتظمة (شكل 13) يبلغ قطرها 300 nm، ولها لب داكن يحتوي بلورات من هرمون **إنسولين insulin** البروتيني (شكل 14) الذي يخفض مستوى جلوكوز في الدم. وتحتوي هذه الخلايا كميات وافرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وأجسام جولجي.



(**شكل 13**) رسم يبين التركيب الدقيق لخليتي ألفا و بيتا كما يظهر في مجهر إلكتروني ماسح



(**شكل** 14) صورة مجهرية ضوئية (يمين) تبين مواضع جلوكاجون في خلايا ألفا (A) بلون بني فاتح باستخدام تقانة الكيمياء الخلوية المناعية، وصورة مجهرية إلكترونية لجزء من خلية بيتا (B) في جزيرة لانجرهانس (يسار). لاحظ الحبيبات الإفرازية وبداخلها جسيمات الذهب (أسهم) التي تظهر مواقع إنسولين بنفس التقانة

3.3 خلايا دلتا D Cells

تبلغ نسبة هذه الخلايا في جزر لانجرهانس حوالي 7%. وتحتوي حبيبات متجانسة وقليلة الكثافة، وتفرز هرمون **سوماتوستاتين somatostatin** الذي يثبط إفرازز هرمون جلوكاجون، إضافة إلى إنقاص إفراز HCl من المعدة.

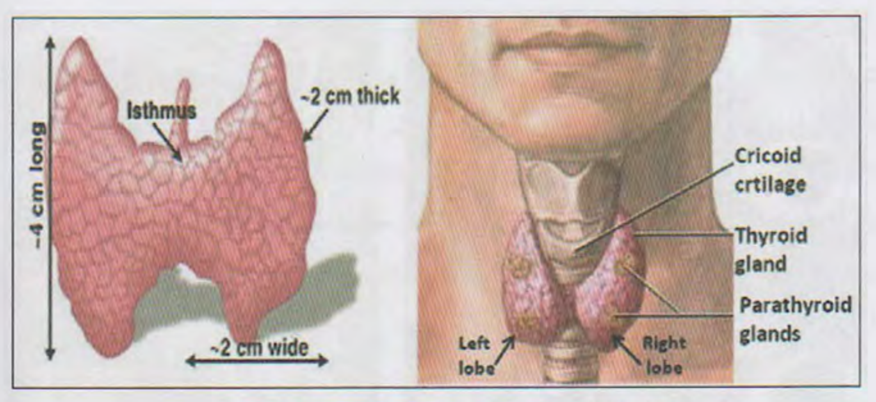
4.3 خلايا F

تحتوي هذه الخلايا حبيبات لها لب دائري داكن، محاط بمنطقة فاتحة، وتطلق **الببتيد المتعدد البنكرياسي pancreatic polypeptide** الذي يثبط إفراز بايكربونات وإنزيمات البنكرياس، إضافة إلى استرخاء المرارة وانقاص إفراز الصفراء.

تجدر الإشارة إلى أن نهايات عصبية ودية ونظير ودية ترتبط مع حوالي 10% من خلايا A وB و D. وتعمل هذه النهايات كجزء من نظام التحكم بمستوى هرموني إنسولين وجلوكاجون.

4. الغدة الدرقية Thyroid Gland

تنشأ هذه الغدة كإنبعاج من الجزء الأمامي لأرضية البلعوم، وهي تتكون من **فصين lobes** يربطهما **برزخ isthmus** (شكل 15). و يتألف كل فص من **حوصلات follicles** تتشكل من نسيج طلائي مكعب بسيط، يحيط بتجويف يحتوي مادة غروية (شكل 16)، وقد يصل قطر الحوصلة لحوالي 0.9 ملم، وتغطى الغدة الدرقية بكبسولة من النسيج الضام الطري، تمتد منها حواجز تفصل بين الحوصلات، وتتكون الحواجز من ألياف شبكية إلى حد كبير.



(**شكل** 15) رسم يبين موقع الغدة الدرقية في منطقة العنق

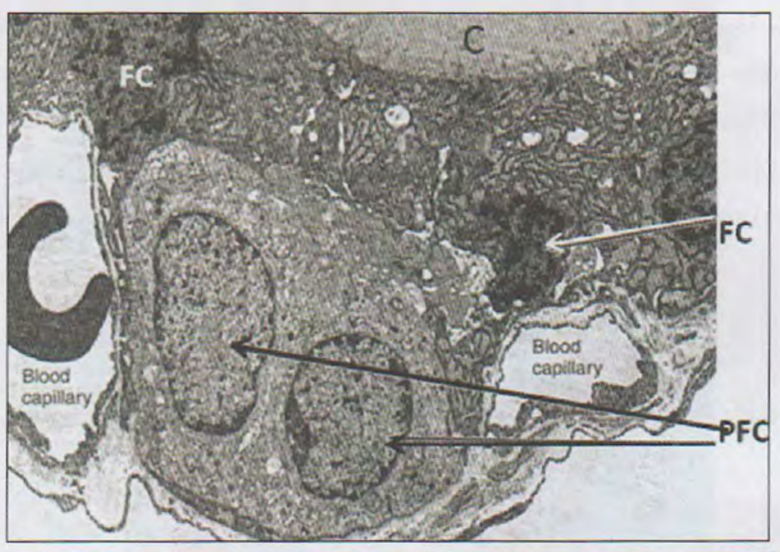


(**شكل** 16) صورة مجهرية ضوئية تبين حوصلات الغدة الدرقية. لاحظ النسيج الطلائي المكعب البسيط الذي يشكل بطانة الحوصلات ووفرة الشعيرات الدموية حول الحوصلات (أسهم)

تتصف خلايا حوصلات الدرقية بكل خصائص الخلايا المفرزة للبروتينات. فالجزء القاعدي لهذه الخلايا يحتوي شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة وعدة ميتوكوندريا ونواة كروية مركزية. أما قمم الخلايا فتحتوي أجسام جولجي كثيرة وأجسام حالة وحبيبات إفرازية صغيرة تحتوي هرموني **ثايروكسين thyroxin T4** وثايرونين ثلاثي اليود **triiodothyronine T3** اللذين يضبطان النشاطات الأيضية. إضافة لذلك، يعمل هذان الهرمونان على زيادة امتصاص السكريات من الأمعاء وضبط أيض الدهون ونمو الجسم.

إضافة إلى الخلايا الطلائية الحوصلية، تحتوي الغدة الدرقية **خلايا جار حوصلية parafollicular cells** تشكل تجمعات بين حوصلات هذه الغدة، ونجدها أحياناً في النسيج

الطلائي لهذه الحوصلات (شكل 17). وبشكل عام، فإن الخلايا المشار إليها أكبر حجماً من الخلايا الحوصلية، وتحتوي أعداداً وافرة من حبيبات صغيرة يبلغ قطرها حوالي 140 nm (شكل 18). وتفرز هذه الحبيبات هرمون **كالسيتونن calcitonin** الذي ينقص مستوى كالسيوم الدم.



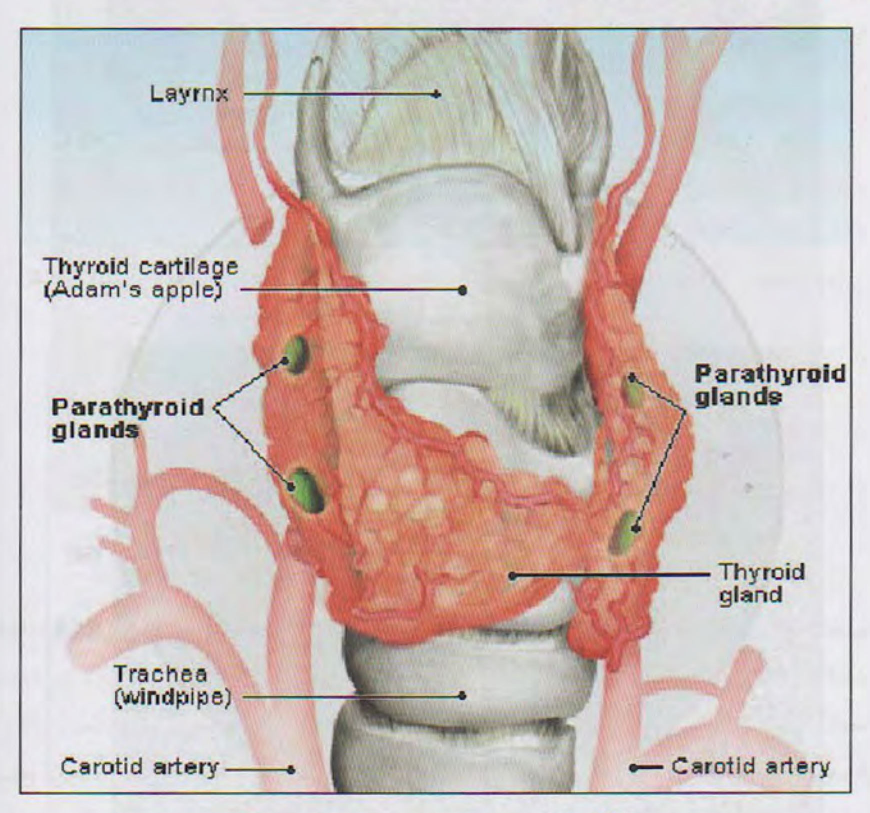
(**شكل** 17) صورة مجهرية إلكترونية لجزء من بطانة غدة درقية تبين خليتين حوصليتين (FC) وخليتين جار حوصليتين (PFC) ومادة غروية (C) في تجويف الحوصلة



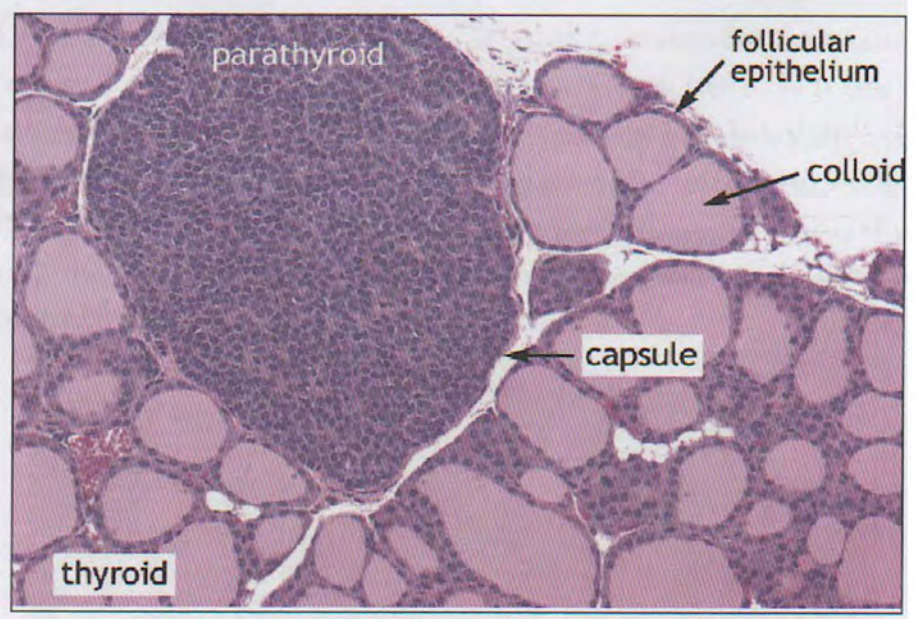
(**شكل** 18) صورة مجهرية إلكترونية لخلية جار حوصلية. لاحظ الشبكة الإندوبلازمية القليلة (RER) ومنطقة جسم جولجي (GR) وحبيبات الإفراز (SG)

5. جارات الدرقية Parathyroids

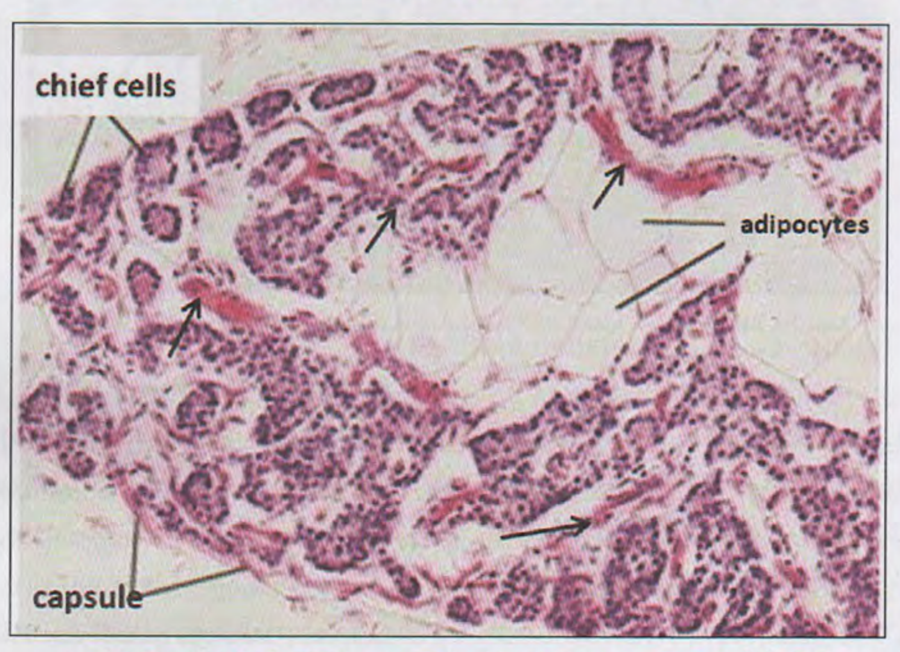
هذه أربع غدد صغيرة تزن حوالي 0.4 غم، ويبلغ طول كل منها حوالي 6 ملم، وعرضها 3 ملم، وسمكها 0.5-2.0 ملم. تقع هذه الغدد بين الغدة الدرقية، واحدة عند الطرف العلوي وأخرى عند الطرف السفلي لكل فص درقي (شكل 20،19). ويحيط بكل غدة جار درقية كبسولة من النسيج الضام، تمتد منها باتجاه الداخل فواصل تختلط مع الألياف الشبكية التي تدعم تجمعات الخلايا الإفرازية المنتظمة على هيئة حبال أو تجمعات كثيفة (شكل 21)، وأحياناً على هيئة حوصلات بداخلها مادة غروية. وتمتد مع الفواصل المذكورة أوعية دموية ولمفاوية وأعصاب.وتتكون كل غدة جار درقية من نوعين من الخلايا، هما: **الرئيسة chief والحامضية oxyphil** (شكل 22). ونستعرض فيما يلي أبرز صفات هذين النوعين من الخلايا.



(**شكل** 19) رسم يبين مواقع الغدد جارات الدرقية



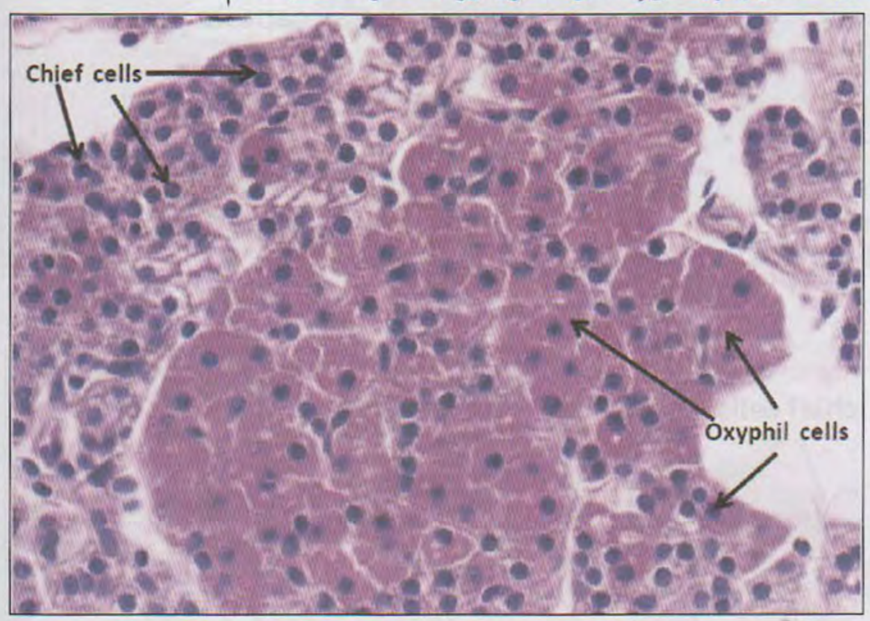
(**شكل** 20) صورة مجهرية ضوئية تبين غدة جار درقية محاطة بنسيج غدة درقية



(**شكل** 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في غدة جار درقية. لاحظ الخلايا الدهنية والشعيرات الدموية (أسهم) والكبسولة والخلايا الرئيسة

1.5 الخلايا الرئيسة Chief Cells

هذه خلايا صغيرة يتراوح قطرها بين 5-9 µm، وهي الأكثر وفرة (شكل 22). ولكل خلية سيتوبلازم باهت الصبغة له ميل قليل للأحماض. كذلك، توجد عدة ميتوكوندريا طويلة وشبكة إندوبلازمية وجسم جولجي. كما توجد حبيبات إفرازية غير منتظمة تحتوي **هرمون جار الدرقية parathyroid hormone PTH** البروتيني الذي يرفع مستوى كالسيوم الدم، عكس ما يفعله الهرمون كالسيتونين. ويثبط هرمون **PTH** الخلايا المكونة للعظم ويحفز الخلايا المفككة للعظم. كما يعمل هذا الهرمون على إنقاص مستوى أيونات الفوسفات في الدم.



(**شكل** 22) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في غدة جار درقية. لاحظ الخلايا الحامضية والخلايا الرئيسة

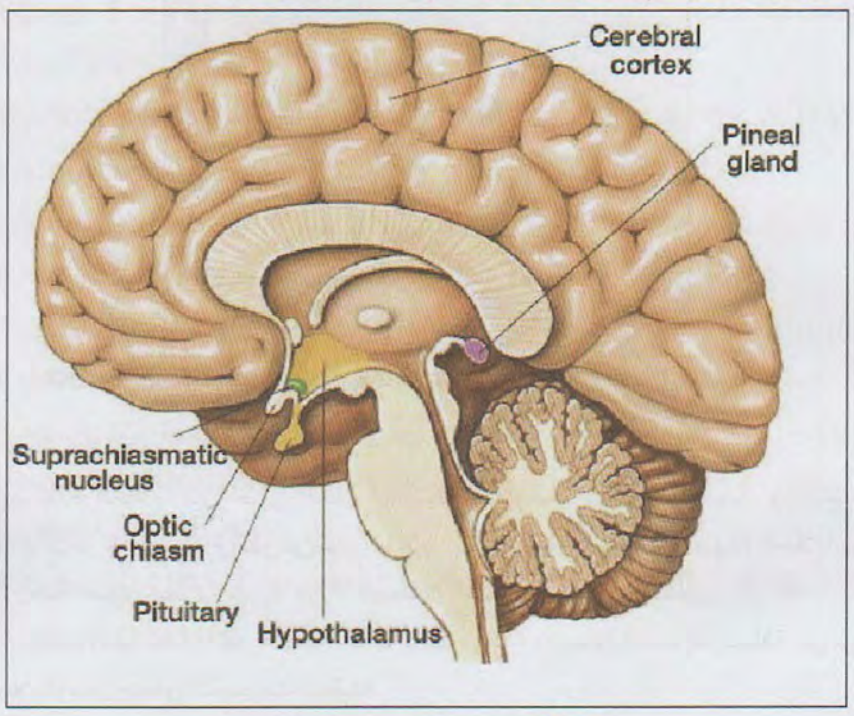
2.5 الخلايا الحامضية Oxyphil Cells

تختلف هذه الخلايا عن الخلايا السابقة كونها أكبر حجماً ولها نوى أكثر دكانة وسيتوبلازم يحتوي حبيبات محبة للأحماض (شكل 22)، ولهذه الخلايا ميتوكوندريا صغيرة وأجسام جولجي وشبكة إندوبلازمية خشنة أقل وفرة من مثيلاتها في الخلايا الرئيسة. ويعتقد بأن هذه الخلايا تمثل مشتقات انتقالية للخلايا الرئيسة، ذلك أنها تنتج كميات قليلة من هرمون **PTH**.

6. الغـدة الصنوبرية Pineal Gland

هذه غدة لها هيئة كوز صنوبر، وتقع فوق سقف **الدماغ البيني diencephalon** وتتصل به عبر سويقة قصيرة (شكل 23). تزن هذه الغدة حوالي 100 ملغم، ويبلغ طولها حوالي 7.0 ملم وعرضها حوالي 4.0 ملم. وتغطى هذه الغدة بـ **الأم الحنون pia matter** المحيطة بالدماغ والتي

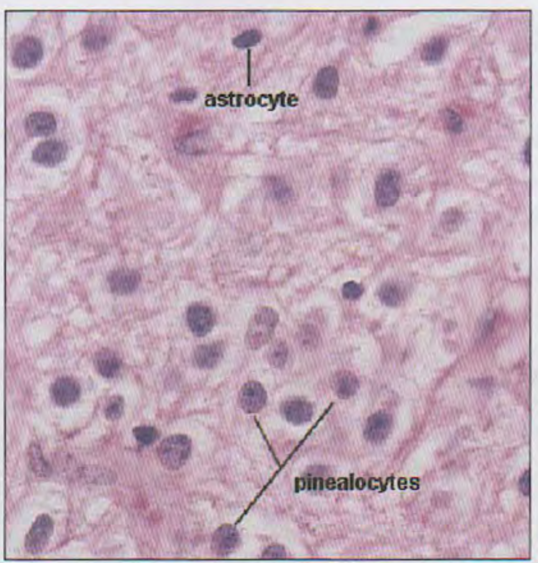
تمتد منها **فواصل trabeculae** من النسيج الضام، لتقسم جسم الغدة إلى تجمعات خلوية على هيئة حبال أو حوصلات، وتسير مع هذه الفواصل شعيرات دموية. وتتكون الغدة الصنوبرية من نوعين من الخلايا، هما: **الخلايا الصنوبرية pinealocytes** و**الخلايا البينية interstitial cells** التي يشار إليها أيضاً باسم **الخلايا النجمية astrocyes** (شكل 24).



(**شكل** 23) رسم يبين حجم وموقع الغدة الصنوبرية

1.6 الخلايا الصنوبرية Pinealocytes

لهذه الخلايا نوى غير منتظمة وسيتوبلازم باهت (شكل 24) محبٌّ للقواعد، ويحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء ذات حوصلات متعددة، إضافة إلى أنيبيبات دقيقة وميتوكوندريا بأعداد متوسطة. ولهذه الخلايا تفرعات تظهر فقط باستعمال صبغات تحتوي أملاح فضة. وتفرز الخلايا الصنوبرية هرمون **ميلاتونين melatonin** الذي يعتقد إن إفرازه يزداد في الظلام ويقل في النهار، ويؤدي ذلك إلى تغيرات نظمية في الأنشطة الإفرازية لـ **المناسل gonads** والغدة النخامية **وتحت المهاد hypothalamus** والأنشطة المتصلة بـ **دورة الليل والنهار circadian rhythm**، غير أن لهذا الهرمون تأثيرات على لون الجلد وخاصة في البرمائيات، ذلك أنه يسبب تجمع حبيبات ميلانين في خلايا الجلد، مما يؤدي إلى إبيضاضه.



(**شكل** 24) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في غدة صنوبرية. لاحظ الخلايا الصنوبرية والخلايا النجمية

2.6 الخلايا النجمية Astrocytes

توجد هذه الخلايا بين حبال الخلايا الصنوبرية وحول الأوعية الدموية، وتتصف بنوى بيضاوية ذات درجة اصطباغٍ أكثر من نوى الخلايا الصنوبرية (شكل 24). ولهذه الخلايا بروزات سيتوبلازمية تحتوي أعداداً كبيرة من الخييطات الدقيقة المتوسطة (قطرها 10 nm). كذلك، يحتوي سيتوبلازمها شبكة إندوبلازمية خشنة نامية، وعدة ريبوسومات حرة، إضافة إلى ترسبات من الجلايكوجين وبعض الأنيبيبات الدقيقة.

7. غـدد أخـرى

ذكرنا في فصول سابقة أن أعضاء في أجهزة مختلفة تعمل كغدد تفرز هرمونات لضبط بعض العمليات الفسيولوجية. فعند دراستنا الجهاز الهضمي بينا بأن المعدة تفرز هرمون **جاسترن gastrin** الذي يحفز إطلاق HCl من خلاياها الجدارية لتنشيط **مولد الببسين pepsinogen**، وبأن الإثني عشر يفرز هرموني **سكرتين secretin** الذي ينشط البنكرياس لإفرازمادة قاعدية لتسهيل عمل إنزيماته في هضم المواد العضوية المختلفة، **وكولسيستوكاينن cholecystokinin** الذي تطلقه المرارة لإستحلاب المواد الدهنية ليسهل هضمها. كذلك، أشرنا إلى القلب كغدة تفرز **البروتين المدر للصوديوم atrial natriuretic protein** الذي يساعد في ضبط منسوب الصوديوم في الدم. كما أشرنا بأن الكلية تفرز الهرمون **المكون للحمر erythropoietin** الذي ينظم عملية تكوين خلايا الدم الحمراء، إضافة إلى الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية التي تفرز **هرموني FSH** و **LH** لتنظيم عملية تكوين الحيوانات المنوية والبيوض. و للمزيد من المعلومات حول هذه الغدد، نقترح العودة إلى الفصول المعنية بها.

المراجع

-Bloom & Fawcettm 2000. A Text of Histology. W.B. Saunders Co., PhiladelphiaU.S.A

-Burkitt, G. & Heath, J. 2009. Functional Histology. A Text and Color Atlas. Churchill Livingstone, London, England.

-De fiore, M. 2010. Atlas of Human Histology. Lea & Febiger, Philadelphia, U.S.A.

-Junqueira, L., Carneiro, J., & Kelly, R. 2011. Basic Histology. Prentice Hall International, London, England.

-Kessel, R., Kardon, J. 2004. Tissues & Organs. A Text- Atlas of Scanning Electron Microscopy. W.H. freeman & Co. San Francisco, U.S.A.

-Krstic, R. 2001. Ultrastructure of the Mammalian Cell. Springer Verlag. Germany.